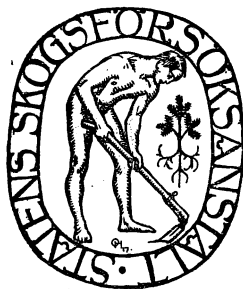


MYKORRHIZANS UTBILDNING OCH FRE- KVENNS HOS SKOGSTRÄD PÅ ASKGÖDS- LADE OCH OGÖDSLADE DELAR AV DIKAD MYR

*DIE AUSBILDUNG UND FREQUENZ DER MYKORRHIZA IN MIT ASCHE GEDÜNGTEN
UND UNGEDÜNGTEN TEILEN VON ENTWÄSSERTEN MOOR*

AV

ERIK BJÖRKMAN



MEDDELANDEN FRÅN STATENS SKOGSFÖRSÖKSANSTALT
HÄFTE 32 · Nr 7

Centraltr., Esselte Stockholm 1941

141066

MEDDELANDEN
FRÅN
STATENS
SKOGSFÖRSÖKSANSTALT

HÄFTE 32. 1940—41

MITTEILUNGEN AUS DER
FORSTLICHEN VERSUCHS-
ANSTALT SCHWEDENS

32. HEFT

REPORTS OF THE SWEDISH
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL
FORESTRY

N:o 32

BULLETIN DE L'INSTITUT D'EXPÉRIMENTATION
FORESTIÈRE DE SUÈDE

N:o 32



REDAKTÖR:
PROFESSOR HENRIK PETTERSON

INNEHÅLL:

	Sid.
LANGLET, OLOF: Om utvecklingen av granar ur frö efter självbefruktning och efter fri vindpollinering.....	I
Über die Entwicklung von teils nach künstlicher Selbstbestäubung, teils nach freier Windbestäubung entstandenen Fichten.....	2 I
BJÖRKMAN, ERIK: Om mykorrhizans utbildning hos tall- och granplanter, odlade i näringsrika jordar vid olika kvävetillförsel och ljustillgång	23
Mycorrhiza in Pine and Spruce Seedlings grown under varied Radiation Intensities in rich Soils with or without Nitrate added....	69
NÄSLUND, MANFRED: En ny metod för bältesbreddens uttagande vid linjetaxering.....	75
A New Method for Determining of the Strip-breadth in Line Surveying	85
NÄSLUND, MANFRED: Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i norra Sverige.....	87
Funktionen und Tabellen zur Kubierung stehender Bäume. Kiefer, Fichte und Birke in Nordschweden.....	132
ROMELL, LARS-GUNNAR: Kvistningsstudier å tall och gran.....	143
Studies on Pruning in Pine and Spruce.....	189
TIRÉN, LARS: Till frågan om hyggesmognadens betydelse vid skogsodling.....	195
Contribution to the Discussion on the Importance of the Ripening of the Humus in clear-cut Areas prior to Reafforestation	252
BJÖRKMAN, ERIK: Mykorrhizans utbildning och frekvens hos skogs-träd på askgödslade och ögödslade delar av dikad myr....	255
Die Ausbildung und Frequenz der Mykorrhiza in mit Asche gedüngten und ungedüngten Teilen von entwässertem Moor.....	286
BUTOVITSCH, VIKTOR: Studier över granbarkborrens massförökning i de av decemberstormen 1931 härjade skogarna i norra Uppland	297
Studien über die Massenvermehrung von <i>Ips typographus</i> in den vom Dezembersturm 1931 heimgesuchten Wäldern von Nord-Uppland	347
LANGLET, OLOF: Kulturförsök med tysk gran av första och andra generationen.....	361
Kulturversuche mit deutscher Fichte 1. und 2. Generation.....	377
Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under år 1939. (Bericht über die Tätigkeit der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens im Jahre 1939; Report on the Work of the Swedish Institute of Experimental Forestry in 1939)	
Allmän redogörelse av HENRIK PETTERSON.....	381
I. Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung; Forestry Division) av HENRIK PETTERSON.....	382

II. Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Abteilung; Botanical-Geological Division) av CARL MALMSTRÖM	385
III. Skogsentomologiska avdelningen (Forstentomologische Abteilung; Entomological Division) av IVAR TRÄGÄRDH.....	387
Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under år 1940. (Bericht über die Tätigkeit der Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens im Jahre 1940; Report on the Work of the Swedish Institute of Experimental Forestry in 1940)	
Allmän redogörelse av HENRIK PETTERSON	390
I. Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung; Forestry Division) av HENRIK PETTERSON	390
II. Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Abteilung; Botanical-Geological Division) av CARL MALMSTRÖM	393
III. Skogsentomologiska avdelningen (Forstentomologische Abteilung; Entomological Division) av IVAR TRÄGÄRDH.....	394



MYKORRHIZANS UTBILDNING OCH FREKVENNS HOS SKOGSTRÄD PÅ ASKGÖDSLADE OCH OGÖDSLADE DELAR AV DIKAD MYR.

I MALMSTRÖMS avhandling (1935) över de intressanta gödslingsförsök med träaska, vilka på initiativ av framlidne jägmästare V. ÅLUND utförts på Södra och Norra Hällmyrarna vid Robertsfors bruk i Västerbotten, ingår bl. a. en kort redogörelse för trädrötternas mykorrhizaförhållanden inom såväl de ogödslade som gödslade partierna av sagda myrar.

Denna redogörelse var baserad på ett rotmaterial av mindre omfattning, som insamlats av MALMSTRÖM hösten 1933 och som undersökts med hänsyn till förekommande mykorrhizor och pseudomykorrhizor av prof. ELIAS MELIN.

Ehuru MALMSTRÖMS redogörelse bidragit till att belysa sambandet mellan trädmikorrhizas utbildning på avdikade torvmarker och där rådande näringsförhållanden, gör den dock icke anspråk på att vara annat än en orienterande redogörelse. Det har därför framstått som ett önskemål, att vidare undersökningar skulle ägnas detta problem, särskilt som mykorrhizaförhållandena kommit att intaga en icke obetydlig plats i diskussionen rörande förutsättningarna för skogsväxt på torvmarker.

Sommaren 1939 igångsattes fördenskull på initiativ av prof. CARL MALMSTRÖM en kompletterande och mera omfattande undersökning av skogsträdens mykorrhizaförhållanden på Hällmyrarna, och denna undersökning anförtroddes mig.

Undersökningen fullföljdes sommaren 1940, och jag vill nu i det följande lämna en redogörelse för de härvid vunna resultaten.

* *

*

Genom de försök med tillförsel av träaska, som utförts å de ursprungligen mycket näringsfattiga Hällmyrarna, har framgått att genom en dylik åtgärd skogsväxts-, markvegetations- och jordmånsförhållandena i hög grad kunna

förändras och förbättras, men också att skogsträdens mykorrhizaförhållanden röna inverkan härav. Föreliggande undersökning avser att närmare belysa denna inverkan genom en jämförande granskning av mykorrhizans utbildningsformer och frekvens inom de träaskegödslade och ogödslade partierna av Hällmyrarna.

Innan jag övergår till denna redogörelse, vill jag dock i största korthet redogöra för Hällmyrarnas allmänna naturförhållanden (efter MALMSTRÖM 1935) och tillkomsten av de försöksytor, å vilka mykorrhizaförhållandena studerats.

Hällmyrarnas naturförhållanden och de där anlagda försöksytorna.

Södra och Norra Hällmyrarna äro tvenne myrar, vilka ligga nära krönet av en låg bergås. Deras vattenområden bli härigenom mycket små, varför myrarnas vattentillskott huvudsakligen utgöres av den på ytan fallna nederbörden. Till följd härav ha dessa myrar blivit mycket näringsfattiga. Ursprungligen intogos myrarnas centralpartier till största delen av trädlösa tuvsäv- (*Scirpus caespitosus*) mossesamhällen och kantpartierna mot fastmarkerna av glest tallbevuxna rismossesamhällen.

Hällmyrarna skogsdikades år 1910, varvid talrika och ganska kraftiga diken upptogos. Denna dikning resulterade emellertid ej i någon förbättring av skogsväxtbetingelserna, utan myrarna lågo alltjämt trädlösa eller nästan trädlösa. Däremot förändrades genom denna dikning tuvsävsmossesamhällena något. Vitmossorna började i stor omfattning försvinna, tuvsäven gick tillbaka och i stället fick det låga riset rosling (*Andromeda polifolia*), som före dikningen spelat en ganska underordnad roll i tuvsävsmossarna, ökad utbredning. Tuvsävsmossesamhällena övergingo härigenom i stor omfattning i en vegetationstyp, som kan benämnas rosling-samhälle. Någon nämnvärd förändring av rismossesamhällena förekom däremot ej.

Det var på grund av Hällmyrarnas näringsfattigdom och den efter dikningen uteblivna skogsväxtreaktionen, som jägmästare ÅLUND utvalde Hällmyrarna som försöksområde för gödsling med träaska för att därigenom få en uppfattning om näringsförhållandenas betydelse för torvmarkers skogsproduktiva förmåga.

Han utlade sålunda år 1918 på Södra Hällmyren en försöksyta på c:a 0,3 ha. Denna yta ligger nära myrens mitt inom ett ursprungligen tuvsävsmosseintaget parti, där vegetationen efter 1910 års dikning övergått i roslingsamhälle. Ytan gödslades med en askkvantitet av ungefär 1 ton eller 3 300 kg/ha. Några ytterligare åtgärder vidtogos ej på denna yta.

Åtta år senare eller år 1926 utlade jägmästare ÅLUND en försöksyta på 0,16

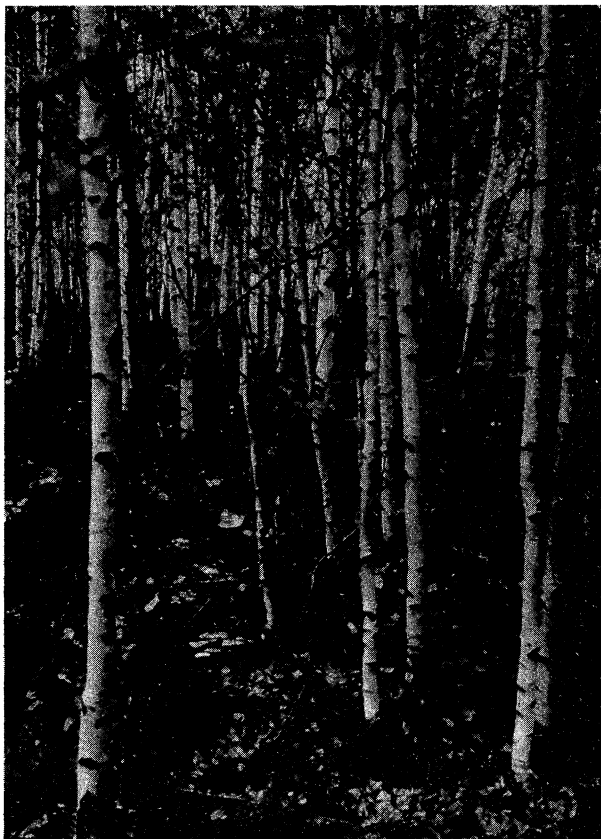


Foto O. LANGLET juni 1938.

Fig. 1. Björnmossrik björkskog från Södra Hällmyrens träaskegödslade försöksyta.

Polytrichum-reicher Birkenwald von der mit Holzasche gedüngten Versuchsfläche auf Södra Hällmyren.

ha inom Norra Hällmyrens centralparti, där vegetationstypen var av i huvudsak samma beskaffenhet som på Södra Hällmyren. Denna yta gödslades med den stora kvantiteten av 2 ton träaska, d. v. s. 12 500 kg/ha.

Som jämförelseområden till de askgödslade ytorna hade han partierna närmast omkring dessa ytor, vilka partier voro av identiskt samma typ som de gödslade ytorna före gödslingen.

Året efter gödslingen infunno sig på de askgödslade ytorna *Chamaenerium angustifolium* och mossorna *Marchantia polymorpha* och *Ceratodon purpureus* i stor myckenhet. I denna vegetation inkom sedan björk, vilken utvecklades mycket väl och hastigt och i viss utsträckning även gran och tall samt en del nya gräs, örter och mossor. *Chamaenerium* och *Marchantia* ha sedermera



Foto E. BJÖRKMAN aug. 1940.

Fig. 2. Utsikt över Norra Hällmyren. I förgrunden ogödslad parti med vegetation av typen »*Andromeda*-samhälle», i bakgrunden till vänster den träaskgödslade försöksytan med tät och växtlig ungskog av björk, tall och gran.

Ausblick auf Norra Hällmyren. Im Vordergrund ungedüngte Partie mit Vegetation vom Typ »*Andromeda*-Gesellschaft», im Hintergrund links die mit Holzasche gedüngte Versuchsfläche mit dichtem und wüchsigem Jungbestand von Birke, Kiefer und Fichte.

gått starkt tillbaka. På den askgödslade försöksytan på Södra Hällmyren träffas nu i mycket stor omfattning björnmossrika björksamhällen med underväxt av gran och tall (fig. 1) samt på motsvarande försöksyta på Norra Hällmyren företrädesvis tätt björkbevuxna tuvtåtel- (*Deschampsia caespitosa*) och *Calamagrostis purpurea*-samhällen, i vilka tvenne senare samhällen man även finner ett icke obetydligt inslag av vissa andra gräs samt en del örter och viden. De askgödslade ytorna skilja sig därför numera i vegetationshänseende skarpt från angränsande, ogödslade delar av myrarna, vilka fortfarande till allra största delen ligga trädlösa och intagna av rosling- (*Andromeda*)samhällen eller tuvsävmosse i övergång till rosling-samhälle (fig. 2).

Skillnaderna mellan de askgödslade ytorna och de ogödslade partierna göra sig dock för närvarande gällande icke endast i floristiskt och skogligt hänseende, utan även med hänsyn till markförhållandena (se MALMSTRÖM 1935 och tab. 1.), ehuru dessa senare skillnader — särskilt vad beträffar Södra Hällmyren — i vissa avseenden med åren avtagit.

1. Stora skillnader föreligger i regel mellan de askgödslade och ogödslade områdena med hänsyn till markens struktur och förmultningsförhållanden. Dessa skillnader gälla dock endast de allra översta markskikten (0—10 cm under markytan). Inom Södra Hällmyrens askgödslade, av björn-

mossrika björkskogar intagna delar är torven närmast markytan råhumus-artad, och inom de delar av Norra Hällmyrens askgödslade yta, vilka intagas av trädbevuxna, gräsrika samhällen, äro motsvarande markskiktsbildningar mer eller mindre mullartade. Däremot karakteriseras de gödslade områdena allttjämt ända upp mot markytan av en tämligen odifferentierad torvstruktur.

2. Inom Norra Hällmyren finner man stora skillnader i reaktionstalen. På dess försöksyta ligga reaktionstalen oftast omkring p_H 6 (men gå icke sällan över p_H 7). Detta gäller dock endast för det översta markskiktet. p_H -värdena sjunka nämligen snabbt mot djupet, och redan på ett djup av 2 dm under markytan möta p_H -värden, som icke nämnvärt avvika från dem, som träffas på samma nivå inom myrens ogödslade delar. Inom de ogödslade områdena ligga p_H -värdena omkring 4. Å Södra Hällmyren äro skillnaderna i reaktionstalen mellan de gödslade och ogödslade områdena små eller inga. De ligga genomsnittligt omkring 4.

3. På Norra Hällmyren förefinnas allttjämt tydliga skillnader mellan de gödslade och ogödslade delarna beträffande halten av viktigare mineralämnen. Däremot äro skillnaderna i detta hänseende mellan motsvarande delar av Södra Hällmyren numera ganska obetydliga. — Av de mineralämnen, som visa den mest påfallande ökningen inom de askgödslade områdena, är kalken det främsta. Detta är också ganska naturligt, då kalk utgör nästan hälften av träaskans innehåll.

4. Några större skillnader i kvävetillgången mellan Hällmyrarnas gödslade (nu skogsproduktiva) och ogödslade (ännu kala), av tuvsävmosse-samhällen ursprungligen intagna partier torde däremot ej förefinnas. Detta har framgått vid undersökning av nitrat- och ammoniakhalten hos torvprov från sagda partier, dels strax efter provens insamling och dels efter desammas lagring under 3 månader. — Se emellertid diskussionen å sid. 283.

Hällmyrarnas mykorrhizaförhållanden.

Typindelning. Vid beskrivningen av mykorrhizaförhållandena på Hällmyrarna kommer nedanstående typindelning att följas, vilken är densamma som MELINS av år 1927 (jfr även BJÖRKMAN 1940, sid. 30).

Mykorrhiza A: Denna mykorrhizatyp är hos tall ogrenad eller dikotomiskt förgrenad (= gaffelgrenad) samt hos gran och björk enkel eller monopodiskt (= trädlikt) förgrenad (se fig. 4—11 och 15—17). Färgen växlar mellan gråvitt och mörkbrunt, delvis beroende på vilka svampar, som ingå i mykorrhizan. Mantelns tjocklek varierar vanligen mellan 10—25 μ . Hyfsträngar (d. v. s. täta samlingar av hyfer) saknas utom i vissa speciella fall (se fig. 10, 11 och 16).

Tab. 1. Kemiska analyser av torvprov tagna ned till ett djup av 10 cm under markytan, från askgödslade och ogödslade delar av Södra och Norra Hällmyrarna.

Chemische Analysen von 10 cm tiefen Torfproben aus der oberen Bodenschicht von mit Asche gedüngten und nicht gedüngten Teilen von Södra und Norra Hällmyren.

Vegetationstyp och belägenhet Vegetationstyp und Lage (enligt MALMSTRÖM 1935)			Skogs- växt Wuchs- verhält- nisse	Organiska ämnen, bestämda som glöd- förlust Org. Stoffe als Glühverlust	Kalk (CaO) %	Kali (K ₂ O) %	Fosfor- syra (P ₂ O ₅) %	Kväve (N _{tot}) %	Urspr. halt av ammoniak- och nitrat- kväve Urspr. Gehalt an Ammoniak- und Nitratstick- stoff		Bildat am- moniak- och nitratkväve under 3 mån. lagring Gebildeter Am- moniak- und Nitratstickstoff während 3-mo- natlicher Lagerung		P _H enl. BILMANN'S kinhydron- metod nach BILMANN'S Kinhydron- methode	
									Analyser utförda enl. HJERTSTEDT 1938 Analysen nach HJERTSTEDT 1938					
Askgödsl. partier Gedüngte Partien	Södra Hällmyren:													
	Ogödslade partier Nicht gedüngte Partien	Tuvsäv-(<i>Scirpus caespitosus</i>)mosse med tuvdun (<i>Eriophorum vaginatum</i>) (95: 35).....	saknas	94,8	0,15	0,03	0,06	2,22	54	0	196	0	4,1	4,2
		Tuvsäv-(<i>Scirpus caespitosus</i>)mosse i övergång till rosling-(<i>Andromeda</i>)samhälle (148: 35)...	svag	93,4	0,12	0,04	0,09	2,45	17	12	160	114	3,6	3,5
		<i>Molinia coerulea</i> -samhälle (43: 58)	svag	92,3	0,30	0,02	0,05	2,10	44	17	265	94	4,2	4,1
		Vall av uppkastad dikesjord (115: 27).....	svag	97,2	0,34	0,01	0,03	1,21	78	18	0	69	3,7	3,5
	Askgödsl. partier Gedüngte Partien	Björnmossrik björkskog (89: 83)	god	90,5	0,58	0,02	0,06	1,95	81	12	408	0	4,0	4,2
d:o d:o (70: 65)		god	92,5	0,44	0,02	0,06	2,27	27	0	301	0	3,9	4,1	
Ogödslade partier Nicht gedüngte Partien	Norra Hällmyren:													
	Ogödslade partier Nicht gedüngte Partien	Rosling-(<i>Andromeda</i>)samhälle (130: 65).....	saknas	95,2	0,40	0,02	0,03	1,70	318	16	299	21	4,4	4,6
		Rosling-(<i>Andromeda</i>)samhälle (120: 30).....	saknas	96,5	0,47	0,03	0,03	1,79	300	6	143	0	4,3	4,3
	Askgödslade partier Gedüngte Partien	Björkbevuxet <i>Deschampsia caespitosa</i> -samhälle (75: 60).....	god	88,3	2,69	0,10	0,18	1,50	41	17	0	0	5,8	6,0
		Björkbevuxet <i>Calamagrostis purpurea</i> -samhälle (100: 55).....	god	90,4	1,74	0,11	0,16	1,75	49	11	159	197	5,8	5,6
		Tallbevuxen ljungmossetuva (80: 62).....	täml. god	97,5	0,49	0,08	0,05	1,08	41	0	109	0	3,8	4,1

Erklaringen: Spalte 1: Björnmossrik björkskog = *Polytrichum*-reicher Birkenwald; tuvsävsmosse med tuvdun = *Scirpus caespitosus*-Moor mit *Eriophorum vaginatum*; tuvsävsmosse i övergång till *Andromeda*-samhälle = *Scirpus caespitosus*-Moor övergåend in *Andromeda*-Gesellschaft; vall av uppkastad dikesjord = Wall von aufgeworfener Grabenerde; björkbevuxet *Deschampsia caespitosa*-samhälle = *Deschampsia caespitosa*-Gesellschaft mit dichtem Birkenwuchs; tallbevuxen ljungmossetuva = *Calluna*-Moor mit spärlichem Kiefernwuchs; Spalte 2: god = gut; saknas = fehlt; svag = schwach; tämligen god = ziemlich gut.

Mykorrhiza B. Denna karakteriseras av att verklig mykorrhizastruktur (av samma slag som hos mykorrhiza A) endast förekommer i kortrotens spets och att övriga delar av kortroten ha pseudomykorrhizastruktur. — I denna undersökning behandlas B-mykorrhizan tillsammans med A-mykorrhizan.

Mykorrhiza C. Denna mykorrhizatyp, vilken vanligen kallas »knölmykorrhiza», består i regel av korta, sammanvuxna kortrotförgreningar. Manteln är tjock, oftast gulgrå och från densamma utstråla i regel talrika hyfsträngar. Någon gång kan denna mykorrhizatyp vara enkel, men skiljes då från en enkel A-mykorrhiza genom sin tjocka, »luddiga», vanligen gulgrå hyfmantel. C-mykorrhizan förekommer så vitt man vet endast hos tall och är enligt MELIN (1923) bildad av *Boletus*-arter.

Mykorrhiza D. Uppträder antingen i en typ med tunna hyfer, vilka bilda en extra mantel utanpå en A-mykorrhiza (typ *Da*, konstituerad av *M. R. atrovirens*) eller i en typ med grövre, svartbruna hyfer, som rikligt utstråla från kortrotens yta (typ *Dn*, konstituerad av *M. R. nigrostrigosum*, enligt HATCH 1934). Färgen är brunsvart till rent svart. Enligt LIHNELL (1939) är *M. R. nigrostrigosum* med stor sannolikhet identiskt med myceliet till den i skogsjordar ofta förekommande, sklerotiebildande svampen *Cenococcum graniforme*.

Denna typindelning, vilken ursprungligen var uppställd för att särskilja olika mykorrhizatyper hos tall (och gran), är emellertid även användbar för karakterisering av björkens mykorrhiza. En hos björk på Hällmyrarna förekommande mykorrhizaform är dock svår att hänföra till någon av de ovan anförda typerna. Detta gäller en oftast i stora samlingar förekommande mykorrhiza (se fig. 10 och 11), som består av långsträckta kortrotförgreningar av monopodial typ, vilka i fullt utbildat tillstånd äro tätt vindlade om varandra, så att hela bildningen liknar ett nystan av oregelbunden form. Denna mykorrhiza har vitgrå hyfmantel och kraftiga hyfsträngar. Av utseendet att döma kunde man möjligen kalla denna mykorrhizaform en C-mykorrhiza, men då den har samma anatomiska byggnad som en typisk A-mykorrhiza bör den räknas såsom en sådan. Det torde också vara denna mykorrhizaform, som MELIN i MALMSTRÖM (1935) kallar »A-mykorrhiza av avvikande typ».

Rotmaterialets insamling och bearbetning. Insamling av material för rotanalys har endast gjorts från träd och plantor, som vuxit på för resp. vegetations- eller marktyp karakteristisk lokal och äro att beteckna såsom representativa för denna.

För varje planta, som blivit föremål för undersökning, ha observationer gjorts över plantans tillstånd, höjd, förgrening, barrens och årsskottens längd,

rotssystemets utveckling och mykorrhizaförhållanden. Vidare antecknades det viktigaste om ljus-, markstruktur- och fuktighetsförhållandena å de platser, där plantorna växte. Sistnämnda faktorer spela nämligen en betydande roll icke endast för plantans utveckling utan även för mykorrhizans utbildning.

Insamlingen av rotmaterial företogs i juli och förra hälften av augusti 1939 samt i augusti 1940.

Uptagningen av ett träds eller en plantas hela rotsystem i oskadat skick är ett mycket tidsödande arbete, varför ett mycket stort material icke ansetts möjligt att insamla. Inom varje lokal, som blivit föremål för undersökning, har dock, där så varit möjligt, av varje trädslag insamlats minst ett 50-tal plantor eller ungträd, jämnt fördelade på olika åldrar. Endast oskadade (eller beträffande björken i möjligaste mån oskadade) rotsystem ha blivit föremål för analys.

Vid beräkningen av mykorrhizans frekvens har materialet uppdelats i åldersgrupper (2—5, 6—10, 11—15 och 16—20 år¹). Det har nämligen visat sig, att — åtminstone å ogödslade myrpartier — mykorrhizafrekvensen och mykorrhizautbildningen kan vara högst olika alltefter trädplantornas ålder.

Mykorrhizans frekvens har bestämts genom räkning av antalet förekommande försvampade kortrotspetsar. I de fall den försvampade kortroten är förgrenad och bildar flera spetsar, har varje spets räknats för sig (jfr HATCH 1937, sid. 74). Att räkningen utförts på detta sätt och icke efter antalet försvampade kortrötter, som tidigare gjorts, beror på att i synnerhet hos träd och äldre plantor kortrötterna ofta äro upprepat förgrenade och härigenom bilda så att säga stora »klungor» av mykorrhizor. En dylik »klunga» är genom sin storlek icke jämförlig med en ogrenad försvampad kortrot, om man ser på mykorrhizabildningens kvantitativa omfattning. I de fall kortrotförgreningen är mycket riklig, kan det emellertid stöta på stora svårigheter, ja stundom vara omöjligt, att exakt uppskatta antalet försvampade kortrotspetsar, såsom hos nyss omtalade rikligt förgrenade *A*-mykorrhiza med hyfsträngar hos björk (se fig. 10 och 11). Dessa svårigheter göra sig dock nästan enbart gällande vid undersökning av rötter från träd och äldre plantor. — Bestämningen av frekvensen av mykorrhizor av *C*-typ har även utförts på nu beskrivet sätt, ehuru de erhållna värdena i detta fall bli mycket approximativa till följd av att kortrotförgreningarna äro korta och ofta icke särskilt tydliga.

Granskningen och bearbetningen av rotmaterialet har skett dels omedelbart efter dess insamling, dels efter materialets konservering i sprit eller KARPETSCHENKO-NAWASCHINS fixeringslösning. Rötterna ha granskats under

¹ Ettårsplantor ha icke medtagits främst av den anledningen, att mykorrhizan hos dessa vid tiden för materialinsamlingen ännu icke hunnit fullt utbildas.

preparerarlupp vid 10 à 15 ggr förstoring. I och för anatomisk undersökning av vissa kortrötter och bestämning av deras typ har ett stort antal mikroskopiska preparat förfärdigats. Dessa hava färgats med orseillin BB och anilinblått.

Södra Hällmyren.

Som redan nämnts intages Södra Hällmyrens askgödslade yta numera till största delen av ett väl slutet björkbestånd. Detta har medfört att trädplanter och annan underväxt ofta få otillräckligt med ljus och därför äro m. l. m. undertryckta och försvagade (se fig. 3).

Rotsystemen hos på denna yta förekommande trädslag äro i regel väl utvecklade, men i jämförelse med rotsystemen hos träd och planter inom ogödslade jämförelsepartier icke särskilt vitt förgrenade (se MALMSTRÖM 1935, sid. 631). Mykorrhizabildningen är hos alla trädslag relativt god. Mykorrhizorna sitta vanligen nära markytan och äro i synnerhet hos tall och äldre björk ofta samlade i täta grupper.

Markytan på Södra Hällmyrens askgödslade yta är småttuvig till följd av stor förekomst av avdöda och nu i stor omfattning av björnmossa m. l. m. övervuxna tuvsäv- och tuvduktuvor. Dessa tuvor äro något torrare än sänkorna mellan dem. I regel synes mykorrhizan vara bättre utbildad hos planter, som växa på tuvor än i sänkor, men några större skillnader föreligga dock härvidlag ej. För övrigt utbreder sig en tuvplantas rotsystem i allmänhet även utanför tuvan.

Vid undersökning av mykorrhizaförhållandena å denna yta ha följande resultat vunnits (se ock tab. 2, vilken lämnar siffermässiga uttryck för frekvensförhållandena).

Tall: Kortrötterna äro i stor omfattning ombildade till mykorrhizor av *A*- och *B*-typ. Detta gäller även långrötterna, som i spetsarna ofta äro infekterade av mykorrhizasvampar. Fig. 4 visar den allmännast förekommande utbildningsformen av *A*-mykorrhiza. Denna är ogrenad eller gaffelgrenad samt försedd med en 10—20 μ tjock, jämn (alltså utan, för blotta ögat synliga, utstrålade hyfer) mantel. Färgen är vanligen ljusbrun. Denna form av *A*-mykorrhiza kännetecknas vidare i anatomiskt hänseende av ett väl utbildat Hartigs nätverk, som är tunnast närmast centralcyllindern; intracellulär infektion har ej iakttagits. Fig. 5 visar en annan likaledes ofta förekommande *A*-mykorrhiza-form. Den skiljer sig från föregående genom kraftigare förgrening samt tjockare och mörkare mantel (utom i spetsarna, där manteln vanligen är ljus gråbrun). — Utom nämnda mykorrhizatyper förekomma även *C*- och *D*- mykorrhizor, men endast ytterst sparsamt (se tab. 2). Vidare är ett mycket stort antal kortrötter (40 à 50 %) ombildade till pseudomykorrhizor. Dessa äro av gängse typ med här och var uppträdande fina (ca 1 μ tjocka) intracellulära hyfer. Rothår saknas helt eller nästan helt.

Gran: Mykorrhizor av *A*- och *B*-typ förekomma rikligt. *A*-mykorrhizorna överensstämma i anatomiskt hänseende med den i fig. 4 avbildade formen, ehuru

Tab. 2. Olika kortrottyper och deras frekvens (uttryckt i %) hos tall, gran och björk i olika Verschiedene Kurzwurzeltypen und ihre Frequenz (ausgedrückt in %) bei Kiefer, Fichte und Birke von verschiedenen Frekvensen av olika kortrottyper hänför sig till antalet försvampade kortrotspetsar (»mycorrhizal points», n = antalet undersökta Die Frequenz der verschiedenen Kurzwurzeltypen bezieht sich auf die Zahl der verpilzten Kurzwurzelspitzen (»mycorrhizal points», n = Anzahl von untersuchten

Kortrottyp		Mykorrhiza A				Mykorrhiza B				Mykorrhiza C			
Kurzwurzeltyp													
Plantornas eller trädens ålder, år Pflanzen- bezw. Baumalter, Jahre		2—5	6—10	11—15	16—20	2—5	6—10	11—15	16—20	2—5	6—10	11—15	16—20
Södra Hällmyren:	Ogödslande partier Nicht gedüngte Partien	Tuvsäv-(<i>Scirpus caespitosus</i>)mosse med tudun (<i>Eriophorum vaginatum</i>)											
		Tall.....	4	3	1	2	8	5	2	2	2	3	2
		Tuvsäv-(<i>Scirpus caespitosus</i>)mosse i övergång till rosling-(<i>Andromeda</i>)samhälle											
		Tall.....	16	12	10	7	8	11	11	10	0	1	2
		Gran.....	8	8	7	4	13	10	9	8	0	0	0
		Björk.....	12	10	7	8	11	12	12	7	0	0	0
		Vallar av uppkastad dikesjord											
		Tall.....	82	71	60	41	5	5	6	8	+	1	+
		Gran.....	53	41	32	17	10	13	7	7	0	0	0
		Björk.....	62	51	36	—	9	11	9	—	0	0	0
		<i>Molinia coerulea</i> -samhälle											
		Tall.....	14	7	7	8	12	11	12	11	+	1	1
		Gran.....	12	14	12	7	14	16	11	10	0	0	0
		Björk.....	14	12	12	9	8	11	13	6	0	0	0
	Askgödslande partier Gedüngte Partien	Björnmossrik björkskog											
		Tall.....	48	51	41	38	12	13	14	12	0	0	+
		Gran.....	47	49	51	45	14	16	8	9	0	0	0
		Björk.....	38	42	36	—	10	16	22	—	0	0	0
	Norra Hällmyren:	Rosling-(<i>Andromeda</i>)samhälle											
		Tall.....	11	7	5	5	8	6	7	6	0	1	2
		Björk.....	5	2	3	—	10	6	8	—	0	0	0
		Vallar av uppkastad dikesjord											
		Tall.....	70	54	26	—	12	9	8	—	+	+	1
		Gran.....	60	28	14	—	11	16	16	—	0	0	0
		Björk.....	74	61	22	—	7	12	11	—	0	0	0
	Askgödslande partier Gedüngte Partien	Tallbevuxna ljungmossetuvor											
		Tall.....	42	38	—	—	8	10	—	—	1	3	—
		<i>Deschampsia caespitosa</i> o. <i>Calamagrostis purpurea</i> -samhällen											
		Tall.....	23	24	—	—	9	10	—	—	0	+	—
		Gran.....	21	20	—	—	14	16	—	—	0	0	—
		Björk.....	22	24	—	—	18	18	—	—	0	0	—

Erklaringen: Tall = Kiefer; gran = Fichte; björk = Birke; björnmossrik björkskog = *Polytrichum*-reicher övergång till rosling-(*Andromeda*)samhälle = *Scirpus caespitosus*-Moor övergehend in *Andromeda*-Gesellschaft; Moor mit spärlichem Kiefernwuchs.

åldersklasser inom askgödslade och ogödslade delar av Södra och Norra Hällmyrarna.

schiedenen Altersklassen in mit Asche gedüngten und nicht gedüngten Teilen von Södra und Norra Hällmyren. HATCH 1937) och ej till antalet kortrötter i och för sig (se vidare sid. 262); + betecknar förekomst mindre än 1 %; plantor eller träd.

HATCH 1937) und nicht auf die Zahl der Kurzwurzeln (s. ferner S. 262); + bezeichnet Vorkommen weniger als 1 %; Pflanzen oder Bäumen.

Mykorrhiza <i>Da</i>				Mykorrhiza <i>Dn</i>				Pseudomykorrhiza				<i>n</i> i grupperna <i>n</i> in den Gruppen			
2—5	6—10	11—15	16—20	2—5	6—10	11—15	16—20	2—5	6—10	11—15	16—20	2—5	6—10	11—15	16—20
I	I	I	I	+	2	2	I	85	86	92	92	6	12	10	5
0	2	I	2	+	+	+	+	76	74	76	80	20	20	15	10
+	I	2	I	+	+	+	I	79	81	82	86	5	10	5	5
+	+	+	+	+	0	0	+	77	78	81	85	20	20	10	5
0	0	+	I	0	0	+	+	13	23	34	50	20	25	10	5
0	0	I	2	0	0	0	0	37	46	60	74	5	5	5	5
0	0	+	—	0	0	0	—	29	38	55	—	20	20	5	—
2	2	I	3	0	+	+	I	72	79	79	76	25	20	10	10
+	I	I	2	0	+	I	+	74	69	75	81	5	10	5	4
+	+	+	+	0	+	+	0	78	77	75	85	20	20	20	3
+	+	+	I	0	0	+	+	40	36	45	49	15	32	20	15
0	+	+	+	0	+	2	I	39	35	39	45	10	30	20	10
+	I	I	—	+	I	I	—	52	40	40	—	10	5	5	—
0	+	I	+	0	I	+	+	81	85	85	89	5	15	20	5
0	0	0	—	0	+	+	—	85	92	89	—	10	20	10	—
0	0	0	—	0	0	0	—	18	37	65	—	20	20	10	—
0	0	0	—	0	0	0	—	29	56	70	—	5	10	7	—
0	0	0	—	0	0	0	—	19	27	67	—	10	5	5	—
0	+	—	—	+	I	—	—	49	48	—	—	4	10	—	—
I	2	—	—	+	+	—	—	67	64	—	—	5	26	—	—
I	3	—	—	+	I	—	—	64	60	—	—	5	20	—	—
0	0	—	—	0	0	—	—	60	58	—	—	5	5	—	—

Birkenwald; tuvsävmosse med tuvdun = *Scirpus caespitosus*-Moor mit *Eriophorum vaginatum*; tuvsävmosse i vallar av uppkastad dikesjord = Wälle von aufgeworfener Grabenerde; tallbevuxna ljungmossetuvor = *Calluna-*

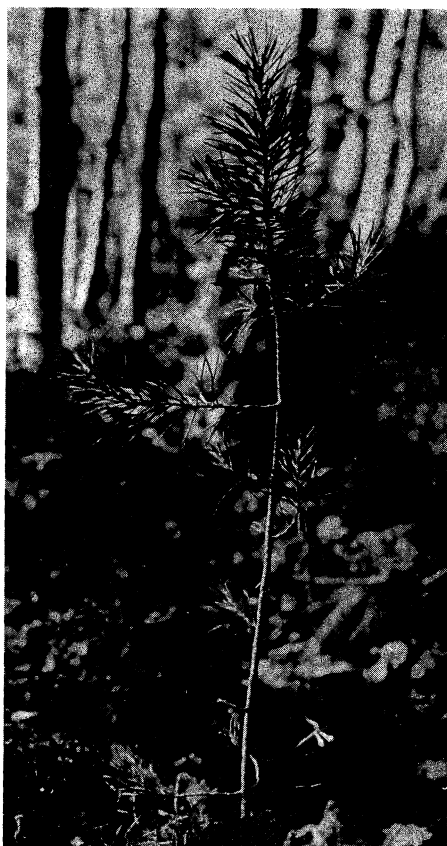


Fig. 3. Tallplanta från träaskegödslande försöksytan på Södra Hällmyren. På grund av ljusbrist, som uppstått till följd av beståndets stora slutenhet, är plantan något undertryckt och försvagad. Plantans höjd är 46 cm och ålder 14 år.

Kiefern-pflanze von der mit Holzasche gedüngten Versuchsfläche auf Södra Hällmyren. Infolge des durch dichten Schluss des Bestandes bedingten Lichtmangels ist die Pflanze etwas unterdrückt und geschwächt. Höhe der Pflanze 46 cm und Alter 14 Jahre.

förgreningen är olika, men man finner även andra former (se fig. 6 och 7). Fig. 6 visar en i regel ogrenad *A*-mykorrhiza, som har en ytterst tunn ($5-10\ \mu$) hyfmantel, från vilken hyfer rikligt utstråla. Ett tydligt men tunt intercellulärt nätverk finnes alltid utbildat. Fig. 7 visar en väl utvecklad *A*-mykorrhiza, vilken är mycket allmän på rötter, som utbreda sig i sänkor, där torven är väl förmultnad och täckes av torra björklöv. Denna mykorrhizaform har en $20-30\ \mu$ tjock,

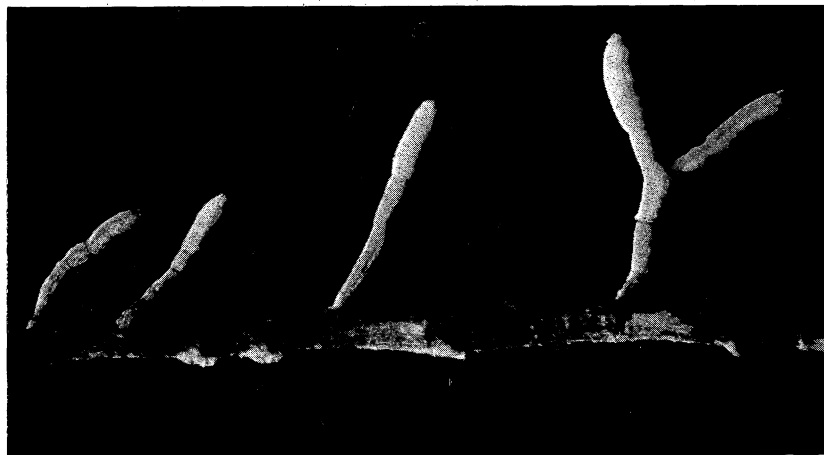


Fig. 4. Ogrenade och enkelt gaffelgrenade mykorrhizor av *A*-Typ med ljusbrun hyfmantel. 10×1 . Hos tall å Södra Hällmyrens askgödslade försöksyta.

Unverzweigte und einfach gegabelte Mykorrhizen vom *A*-Typ mit hellbraunem Hyphenmantel. 10×1 . An Kiefer von aschengedüngter Versuchsfläche auf Södra Hällmyren.

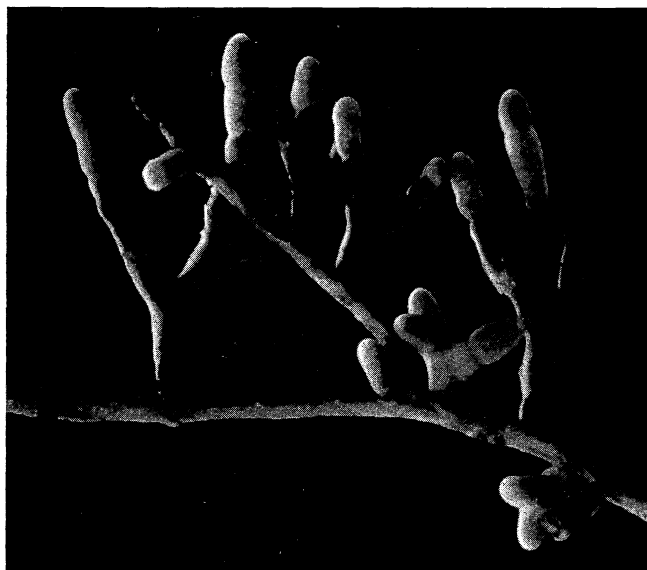


Fig. 5. Tämligen rikt förgrenade mykorrhizor av *A*-typ med mörkbrun mantel (utom i spetsarna, där manteln är ljus gråbrun). 10×1 . Hos tall å Södra Hällmyrens askgödslade försöksyta.

Ziemlich reich verzweigte Mykorrhizen vom *A*-Typ mit dunkelbraunem Mantel (ausser an den Spitzen, wo der Mantel hellgrau-braun ist). 10×1 . An Kiefer von aschengedüngter Versuchsfläche auf Södra Hällmyren.



Fig. 6. Ogrenade *A*-mykorrhizor med tunn (5–10 μ) hyf-mantel, från vilken hyfer rikligt utstråla. 10 \times 1. Hos gran å Södra Hällmyrens askgödslade försöksyta. Unverzweigte *A*-Mykorrhizen mit dünnem (5–10 μ) Hyphen-mantel, von dem die Hyphen reichlich ausstrahlen. 10 \times 1. An Fichte von aschengedüngter Versuchsfläche auf Södra Hällmyren.

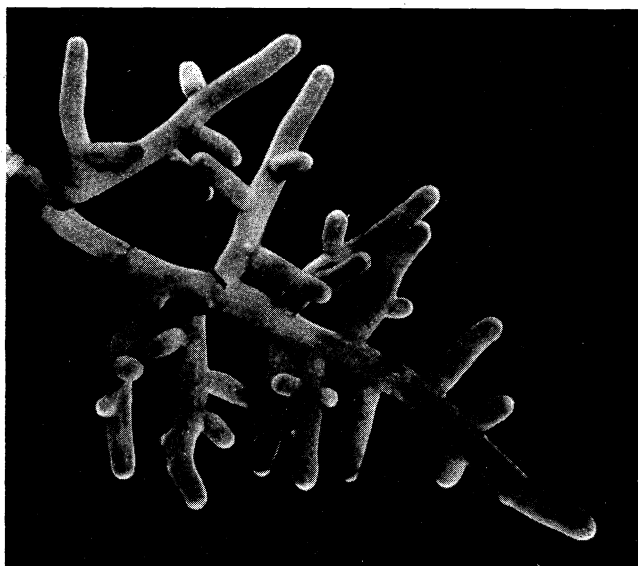


Fig. 7. Rikt förgrenade *A*-mykorrhizor med gråbrun mantel. 10 \times 1. Hos gran å Södra Hällmyrens askgödslade försöksyta. Reich verzweigte *A*-Mykorrhizen mit graubraunem Hyphenmantel. 10 \times 1. An Fichte von aschengedüngter Versuchsfläche auf Södra Hällmyren.



Fig. 8. Förgrenade mykorrhizor av *A*-typ med 15—25 μ tjock, gulbrun hyfmantel. 10 \times 1. Hos björk å Södra Hällmyrens askgödslade försöksyta.

Verzweigte Mykorrhizen vom *A*-Typ mit 15—25 μ starkem, gelbbraunem Hyphenmantel. 10 \times 1. An Birke von aschenge-düngter Versuchsfläche auf Södra Hällmyren.

jämn, gråbrun mantel. Det Hartigska nätverket är väl utbildat. — Utom nu nämnda former av *A*-mykorrhiza förekommer ytterligare en, ehuru tämligen sällsynt. Denna *A*-mykorrhizaform, vilken finnes avbildad som fig. 40 i BJÖRKMAN 1937, är vanligen långsträckt och endast obetydligt förgrenad. Dess hyfmantel är av växlande tjocklek (5—20 μ), gråvit samt försedd med hyfsträngar. Liksom fallet är hos tallen, är hos granen en betydande procent (35—45 %) av kortrötterna ombildade till pseudomykorrhizor. Dessa äro alltid ogrenade.

Björk: *A*- och *B*-mykorrhizor förekomma rikligt och i flera olika utbildningsformer. Allmännaste formen (se fig. 8) är gulbrun och har en 15—25 μ tjock hyfmantel, som uppbygges av ett storcelligt pseudoparenkym. Denna form, vilken mörknar med åldern, torde nära ansluta sig till den av MELIN (1923) beskrivna björkmykorrhizan. Bägge äro av ektendotrof karaktär, d. v. s. ha tydlig såväl inter- som intracellulär infektion. Av övriga mykorrhizaformer av *A*- och *B*-typ må särskilt nämnas de i figurerna 9 och 10 återgivna. Den i fig. 9 återgivna mykorrhizaformen påminner till utseendet mycket om den i fig. 7 avbildade *A*-mykorrhizan hos gran. Den uppträder framför allt på rötter, som utbreda sig inom sänkor, vilka äro täckta av multnande björklöv. Till sin byggnad överensstämmer denna mykorrhizaform dock i allt väsentligt med den i fig. 8 återgivna. Manteln är sålunda tjock (20—30 μ). — Den i fig. 10 återgivna mykorrhizaformen är mycket karakteristisk. Den är bildad av långsträckta gråvita kortrotförgreningar, som vanligen äro tätt vindlade om varandra och från vilka grova hyfsträngar löpa ut i omgivningen. Denna mykorrhizaform, vilken i anatomiskt hänseende nära överensstämmer med föregående form, har även samma uppträdande i fältet som denna. Den synes ofta vara relativt kortlivad, ty överallt

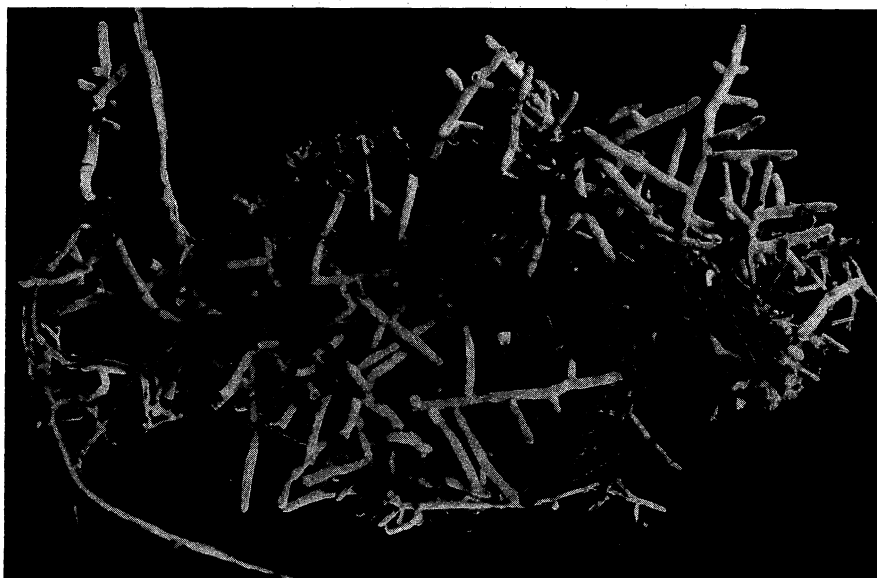


Fig. 9. Rikt förgrenade och i stora klungor ofta uppträdande *A*-mykorrhizor med gråvit hyfmantel 5×1 . Hos björk å Södra Hällmyrens askgödslade försöksyta. Reich verzweigte und oft in grossen Klumpen auftretende *A*-Mykorrhizen mit grauweissem Hyphenmantel. 5×1 . An Birke von aschengedüngter Versuchsfläche auf Södra Hällmyren.

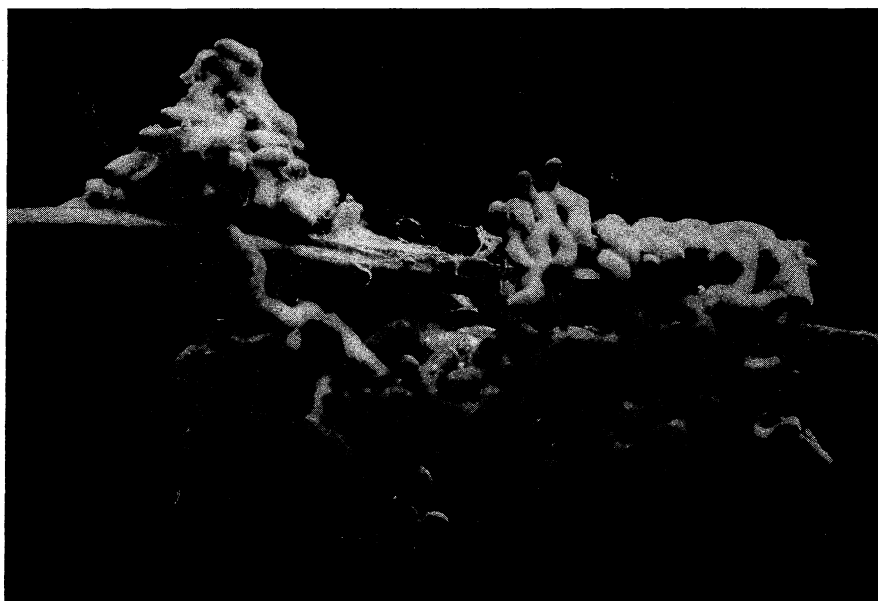


Fig. 10. Starkt förgrenade och i täta vindlingar löpande mykorrhizor av *A*-typ med gråvit mantel och talrika hyfsträngar. 8×1 . Hos björk å Södra Hällmyrens askgödslade försöksyta. Starkt verzweigte und dicht gewundene Mykorrhizen vom *A*-Typ mit grauweissem Mantel und zahlreichen Hyphensträngen. 8×1 . An Birke von aschengedüngter Versuchsfläche auf Södra Hällmyren.

där denna mykorrhizaform förekommer, finner man stora hopskrumpna samlingar av densamma (se fig. 11). Stundom träffas ytterligare en *A*-mykorrhizaform hos björk. Denna kännetecknas av saffransgul hyfmantel och kraftiga hyfsträngar av samma färg. Denna mykorrhizaform, vilken är vanlig i råhumusmarker, torde enligt benäget meddelande av prof. E. MELIN vara bildad av *Corticium croceum*. *D*-mykorrhiza förekommer endast sporadiskt. Pseudomykorrhiza är däremot rikligt företrädd och uppträder i samma former som hos tall och gran (se fig. 12).

Inom Södra Hällmyrens ogödslade partier är mykorrhizabildningen betydligt svagare än på den askgödslade ytan. Plantor för mykorrhizaundersökningar ha inom dessa partier insamlats från några av MALMSTRÖM (1935) ingående beskrivna växtsamhällen, nämligen tuvsävmosse med tuvdun, tuvsävmosse i övergång till rosling- (*Andromeda*)samhälle och *Molinia coerulesa*-samhälle. Därjämte har undersökts en del tall-, gran- och björkplantor från vallar av uppkastad dikesjord längs diken.

1. Inom samhället tuvsävmosse med tuvdun, vilket endast uppträder inom av dikningen tämligen opåverkade och fördenskill blöta partier av Södra Hällmyren, förekomma träd och trädplantor ytterst sparsamt. De utgöras nästan enbart av tall, växande å sådana tuvor, som tuvsäven och tuvdunet själva bildat. De på detta sätt uppträdande tallarna äro genomgående låga och tynande. De nå sällan över planthöjd före avdöendet. Barren å dessa »tallplantor» äro korta och gulgröna. Rotsystemen äro mycket långsträckta, men rotförgreningen i regel obetydlig. Kortrötterna sitta vanligen glest, och rothår förekomma endast sparsamt.

Kortrötterna äro i mycket stor utsträckning (c:a 90 %) ombildade till typiska pseudomykorrhizor. Stundom beklädas dessa på ytan av svarta hyfer av *atrovirens*-typ (se fig. 13). Mykorrhizor förekomma däremot endast sparsamt, och de äro i regel svagt utvecklade. *B*-mykorrhiza är den vanligaste typen, men *A*-, *C*- och *D*-mykorrhizor förekomma även.

2. I samhällen av typen tuvsävmosse i övergång till rosling- (*Andromeda*)samhälle ingå tämligen normalt björk, tall och gran, ehuru endast som plantor och låga »marbuskar». Rotsystemen hos dessa plantor och »marbuskar» äro vanligen mycket långa och rikt förgrenade. Kortrötterna sitta tämligen tätt och äro endast i ringa omfattning ombildade till mykorrhizor. I stället förekomma pseudomykorrhizor i mycket hög frekvens (c:a 80 %). Undantag givas dock. Sålunda ha 2—5-åriga tallplantor anträffats med riklig mykorrhiza (ända till 70 %). Hos äldre plantor går emellertid mykorrhizabildningen av allt att döma starkt tillbaka. — Om mykorrhizans utbildningsformer se vidare nedanstående översikt:

Tall: Förekommande mykorrhizor äro oftast av *A*- och *B*-typ, men mykorrhizor av *C*- och *D*-typerna träffas även ehuru mycket sparsamt. Inom sådana

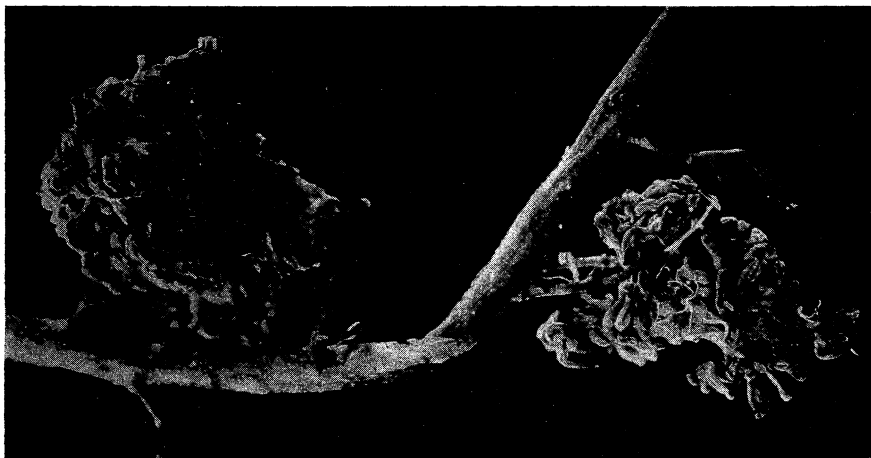


Fig. 11. Döda och hopskrumpna mykorrhizor av samma typ, som de i fig. 10 avbildade. 8×1 . Södra Hällmyren; från parti med »tuvsävmosse i övergång till *Andromeda*-samhälle».

Tote zusammengeschrumpfte Mykorrhizen von demselben Typ wie in Fig. 10. 8×1 . Södra Hällmyren; von der Partie »*Scirpus caespitosus*-Moor, übergehend in *Andromeda*-Gesellschaft».

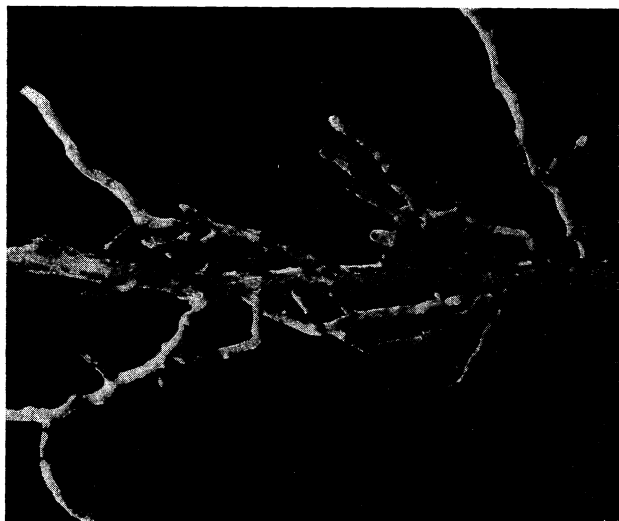


Fig. 12. Typiska pseudomykorrhizor hos björk. 10×1 . Södra Hällmyrens askgödslade försöksyta.

Typische Pseudomykorrhizen an Birke. 10×1 . Aschengedüngte Versuchsfläche, Södra Hällmyren.



Fig. 13. Pseudomykorrhizor med överdrag (utom i kortrotens spets) av svarta hyfer av *atrovirens*-typ. 10×1. Hos tall växande inom parti med »tuvsävmosse med tuvdun» å Södra Hällmyren. Von schwarzen Hyphen vom *atrovirens*-Typ überzogene (ausser an Kurz-wurzelspitze) Pseudomykorrhizen. 10×1. An Kiefer. Von der Partie mit »*Scirpus caespitosus*-Moor mit *Eriophorum vaginatum*», Södra Hällmyren.

delar av områden med detta växtsamhälle, vilka gränsa intill fastmarker, öka *A*- och *C*-mykorrhizorna i frekvens.

Gran: Har i stort sett samma mykorrhizaförhållanden som tallen. *C*-mykorrhiza saknas dock.

Björk: *A*- och *B*-mykorrhizor — men dåligt utvecklade sådana — förekomma. Deras vanligaste utbildningsformer åskådliggöras av fig. 8, 10 och 11.

3. I *Molinia coerulea*-samhället ingå plantor eller ungträd av björk, tall och gran vanligen något rikligare än i de båda föregående samhällena. De ha som regel även något bättre växt. Detta gäller särskilt vissa i små grupper uppträdande björkar. Rotsystemen äro hos alla trädslag väl utvecklade och rikt förgrenade. Kortrötterna sitta tätt och äro endast i ringa omfattning ombildade till mykorrhizor; i stället förhärskar pseudomykorrhizor (se tab. 2). Om mykorrhizans utbildning se nedan:

Tall: Hos detta trädslag förekomma mykorrhizor av såväl *A*- som *B*-, *C*- och *D*-typ, ehuru som nämnts sparsamt. *A*-mykorrhizorna äro i regel av den form, som avbildas i fig. 4, ehuru med något tunnare mantel och av mörkare färg.

Gran: Mykorrhizaautbildningen överensstämmer i allt väsentligt med den hos tallen; *C*-mykorrhiza saknas emellertid.

Björk: Förekommande mykorrhizor äro av de slag, som avbildas i fig. 8, 10 och 11.

4. På vallar av uppkastad dikesjord inom Södra Hällmyrens ogödslade partier ha björk och tall samt i mindre omfattning även gran slagit till. Enstaka björkar växa ganska kraftigt, men flertalet av desamma liksom alla äldre tallar och granar föra en tynande tillvaro. Dock förete yngre (2—5-åriga) trädplantor i allmänhet en ganska god växt, vilken emellertid i regel

icke tyckes bli bestående. Rotsystemen hos de olika träden och plantorna äro nästan genomgående väl utvecklade och rikt förgrenade. Hos tall och gran förekomma rothår rikligt, men saknas hos björk. Kortrötterna sitta vanligen mycket tätt. — Hos de enstaka träd, som förete god tillväxt, liksom hos de 2—5-åriga plantorna förekomma i allmänhet väl utvecklade mykorrhizor i hög frekvens. Kortrötterna å dessa ha i vissa fall befunnits ända upp till 100 % vara ombildade till mykorrhizor. Hos något äldre trädplantor och hos de mera utvuxna träden är mykorrhizafrekvensen däremot låg, och i stället förhärskar pseudomykorrhizor.

Mykorrhizorna hos på dylika vallar förekommande tallar tillhöra alla i stort sett samma typ, nämligen en oftast rikt förgrenad A-mykorrhiza, till utseendet lik den i fig. 4 avbildade. — De å björkrötterna uppträdande mykorrhizorna äro till största delen av en typ liknande den som avbildas i fig. 8. I några fall har även observerats den i fig. 10 och 11 avbildade formen.

Norra Hällmyren.

Inom den år 1926 askgödslade ytan träffas företrädesvis tätt björkbevuxna *Deschampsia caespitosa*- och *Calamagrostis purpurea*-samhällen med insprängd gran och tall. Men man finner dessutom på vissa ställen tallbevuxna ljunghossetuvor. Inom de två förstnämnda samhällenas växtplatser är markens översta skikt (0—10 cm under markytan) något mullartat, vilket däremot icke är fallet inom ljunghossetuvorna. Alla träd och nästan alla plantor, som träffas på denna yta, äro påfallande växtliga (se fig. 14), vilket delvis torde sammanhånga med att trädbeståndet ännu icke hunnit så starkt sluta sig, att ljusbrist börjat inställa sig på ytan. Rötterna hos träden och plantorna äro väl utvecklade, men icke lika långsträckta som hos träd och plantor av motsvarande höjd inom Norra Hällmyrens ogödslade partier. Kortrötterna sitta tämligen glest och rothår uppträda endast sparsamt.

På denna yta ha mykorrhizaförhållandena studerats framför allt inom *Deschampsia caespitosa*- och *Calamagrostis purpurea*-samhällena. Mykorrhizaförhållandena inom dessa samhällen äro likartade, varför de här nedan behandlas i ett sammanhang.

Inom dessa samhällen äro kortrötterna hos där ingående träd och plantor i stor omfattning ombildade till mykorrhizor, men huvudparten (i medeltal omkr. 60 %) till pseudomykorrhizor. Inom *Deschampsia caespitosa*- och *Calamagrostis purpurea*-samhällena å Norra Hällmyren är alltså mykorrhizautbildningen något sämre än å Södra Hällmyrens askgödslade yta, vilket är av ett icke ringa intresse att konstatera.

Pseudomykorrhizorna äro smala och vanligen svartbruna samt hos tall stundom gaffelformigt förgrenade.



Fig. 14. Tallplanta från askgödslade försöksytan på Norra Hällmyren. Plantans höjd är 61 cm och åldern 7 år. Tallplantorna äro här påfallande kraftiga.

Kiefernplanze von der aschengedüngten Versuchsfläche auf Norra Hällmyren. Die Pflanze ist 61 cm hoch und 7 Jahre alt. Die Kiefernpflanzen sind hier auffallend kräftig.

Mykorrhizornas utbildningsformer belysas närmare här nedan:

Tall: Huvudsakligen en i regel tämligen dåligt utvecklad lång och smal *A*- eller *B*-mykorrhiza, vilken avbildas i fig. 15. Manteln är tunn (högst 10 μ) och i allmänhet svartbrun till färgen. Ibland saknas den t. o. m. helt. Det Hartigska nätverket är vanligen mycket dåligt utvecklat och bundet enbart till de yttersta barkcellerna. — Utom denna typ förekomma även *C*- och *D*-mykorrhizor men endast mycket sparsamt.

Gran: Samma mykorrhizatyper förekomma som hos tallen med undantag av *C*-mykorrhiza.

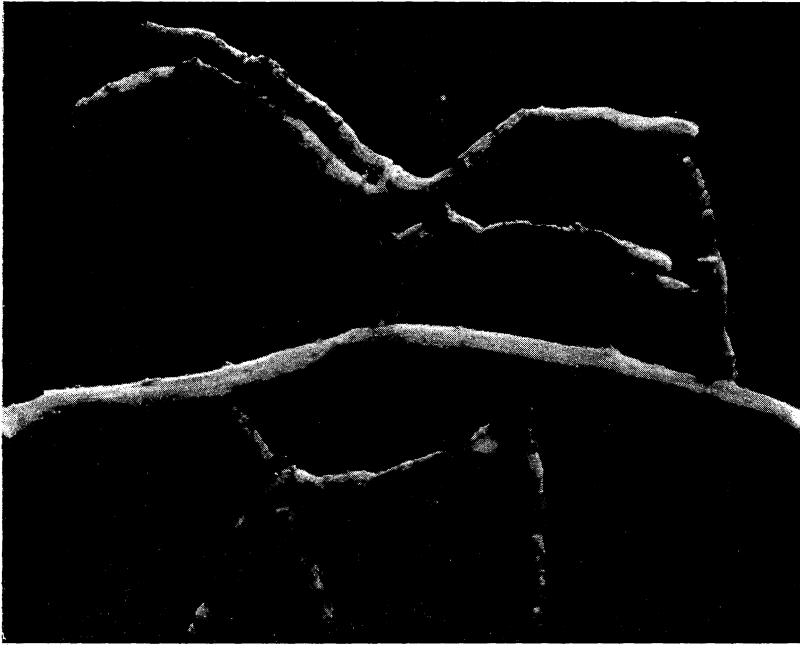


Fig. 15. Långsträckta *A*- eller *B*-mykorrhizor med mycket tunn (högst $10\ \mu$ tjock) hyfmantel av i allmänhet svartbrun färg. 10×1 . Hos tall å Norra Hällmyrens askgödslade försöksyta.

Langgestreckte *A*- oder *B*-Mykorrhizen mit sehr dünnem (höchst $10\ \mu$) Hyphenmantel von im allgemeinen schwarzbrauner Farbe. 10×1 . An Kiefer, Aschengedüngte Versuchsfläche auf Norra Hällmyren.



Fig. 16. *A*-mykorrhiza med gråvit mantel och hyfsträngar. 10×1 . Hos björk å Norra Hällmyrens askgödslade försöksyta.

A-Mykorrhiza mit grauweissem Mantel und Hyphensträngen. 10×1 . An Birke, Aschengedüngte Versuchsfläche auf Norra Hällmyren.

Björk: *A*- och *B*-mykorrhizor förekomma; däremot har *D*-mykorrhiza icke observerats. Av *A*-mykorrhizor träffas allmännast den i fig. 8 avbildade formen men dessutom en form med gråvit mantel och hyfsträngar (se fig. 16), vilken företer vissa likheter med den i fig. 10 avbildade. Mykorrhizaformen fig. 10, i fullt typisk utbildning, med tätt vindlade kortrotförgreningar har också anträffats på ett par ställen inom försöksytan.

På de trädbevuxna rismossetuvorna inom ytan äro mykorrhizaförhållandena ofta betydligt bättre än inom de ovan beskrivna gräsrika samhällena. Man finner sålunda där, särskilt på tallrötter, en ofta rikt förgrenad *A*-mykorrhiza (fig. 17) med tjock (omkring 20 μ) hyfmantel av grå till ljusbrun färg.

De **ogödslade partier** av Norra Hällmyren, vilka ligga närmast den askgödslade ytan, intagas huvudsakligen av rosling- (*Andromeda*) samhällen. Inom dessa samhällen träffas trädväxt ytterst sparsamt. På de få ställen, där sådan förekommer, utgöres densamma av tynande plantor och »marbuskar» av tall och björk.

Rotsystemen hos dessa plantor och marbuskar äro anmärkningsvärt långsträckta och i regel endast obetydligt förgrenade. Kortrötterna sitta glest och äro till allra största delen (c:a 90 %) ombildade till pseudomykorrhizor. Mykorrhizor förekomma alltså endast mycket sparsamt och i dåligt utvecklade former.

Tall: På tall ha anträffats *A*- och *B*-mykorrhizor av mörkbrun färg och med i regel mycket tunn (högst 10 μ tjock) mantel. Dessutom ha *C*- och *D*-mykorrhizor iakttagits, men sällsynt.

Björk: De på detta träds slag iakttagna mykorrhizorna tillhöra (med undantag av enstaka *D*-mykorrhizor) en *A*-typ, som närmast påminner om den i fig. 8 avbildade, ehuru hyfmanteln i allmänhet är betydligt tunnare.

På vallarna av uppkastad dikesjord å Norra Hällmyren träffas en del björk, tall och gran som plantor och låga träd. Dessas växtsätt och mykorrhizaförhållanden äro identiskt lika dem hos motsvarande trädväxt på Södra Hällmyrens dikesjordvallar. Sålunda kan även här mykorrhiza-utvecklingen under vissa förhållanden vara mycket kraftig.

Om förekomsten av högre svampar å Hällmyrarna.

I samband med undersökningarna av mykorrhizaförhållandena ha observationer även ägnats förekomsten av olika slag av högre svampar. Dessa observationer utfördes eftersommaren och hösten 1939 och 1940, och de härunder anträffade svamparna ha bestämts av herr SETH LUNDELL och assistenten EINAR INGELSTRÖM.

En kännedom om vad det är för svampar som förekomma har ett stort intresse, även om man av förekomsten av en viss svamp icke utan vidare är

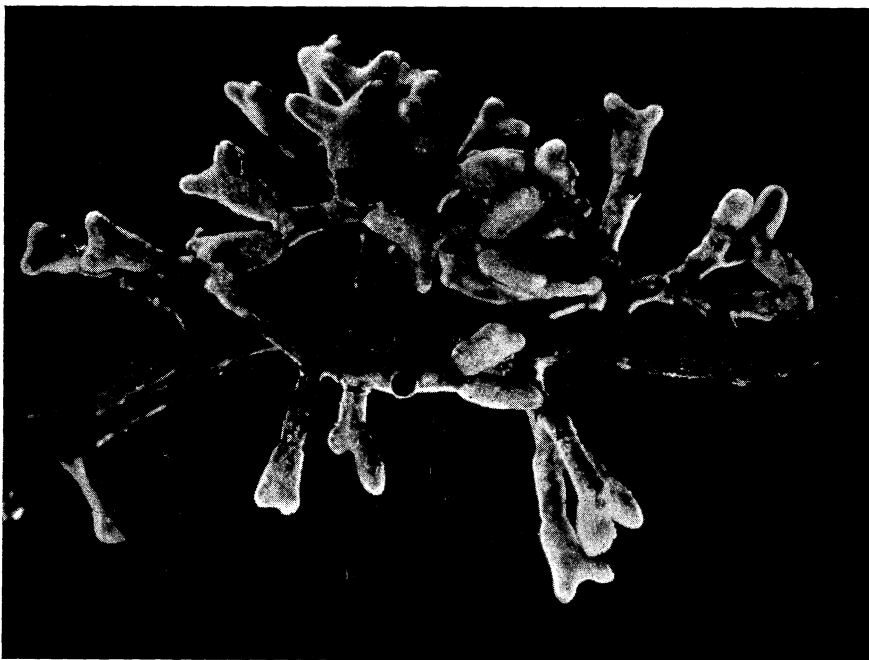


Fig. 17. Rikt förgrenade *A*-mykorrhizor med tjock hyfmantel av gråaktig eller ljusbrun färg. 10×1 . Hos tall växande å ljunghossetuva inom Norra Hällmyrens askgödslade försöksyta.

Reich verzweigte *A*-Mykorrhizen mit dickem Hyphenmantel von grauweißer oder hellbrauner Farbe. 10×1 . An auf Calluna-Moorbülte innerhalb der aschengedüngten Versuchsfläche auf Norra Hällmyren wachsender Kiefer.

berättigad draga slutsatser om i vad mån densamma har med mykorrhizabildning att göra eller ej.

Södra Hällmyren. Inom de av björnmossrik björkskog intagna delarna av Södra Hällmyrens askgödslade yta, där torven är ytterst tätt genomvävd av svamphyfer, ha följande svampar anträffats:

Boletus scaber
Collybia confluens
 » *dryophila*

Entoloma rhodopolium
Lactarius trivialis
Paxillus involutus

Av dessa svampar uppträder *Lactarius trivialis* (skogsriskan) periodvis mycket allmänt (se MALMSTRÖM 1935, sid. 594). *Collybia*-arterna pläga även uppträda tämligen rikligt, men övriga endast sparsamt.

På den askgödslade ytan, särskilt i höga björnmossstuvor, ha även en del mycket karakteristiska ljusgula eller orangefärgade sklerotier iakttagits. Dessa, vilka äro avbildade i fig. 18, ha en storlek av inemot 5 mm. Sannolikt äro dessa sklerotier av samma slag som de gula sklerotier, vilka man ofta finner i råhumusskogar och stundom även på tallhedar.

Inom de ogödslade delarna av Södra Hällmyren förekomma fruktkroppar av högre svampar betydligt sparsammare än inom den askgödslade ytan, om man undantar de av tallbevuxna rismossesamhällen intagna kantpartierna närmast fastmarken, där svampfrekvensen (särskilt av *Boletus*-arter) ofta är ganska stor. Inom de båda samhällena tuvsävmosse med tuvdun och tuvsävmosse i övergång till rosling-(*Andromeda*)samhälle ha endast enstaka individ av *Boletus scaber* (strävsopp) någon gång anträffats. *Molinia*-samhället är något rikare på högre svampar. I detsamma ha förutom *Boletus scaber* antecknats *Lactarius rufus* (pepparriskan) och *Paxillus involutus*.

Norra Hällmyren. Inom de av *Deschampsia caespitosa*- och *Calamagrostis purpurea*-samhällen intagna delarna av den askgödslade ytan har anträffats ett stort antal arter ehuru i ganska låg frekvens. Fruktkroppar av högre svampar uppträda sällunda på Norra Hällmyrens askgödslade yta icke på långt när i samma individrikedom som på Södra Hällmyrens.

Följande arter ha antecknats inom ifrågavarande växtsamhällen:

<i>Boletus scaber</i>	<i>Laccaria laccata</i>
<i>Clitocybe candicans</i>	<i>Lactarius glyciosmus</i>
» <i>cyathiformis</i>	» <i>torminosus</i>
<i>Collybia confluens</i>	<i>Lepiota amianthina</i>
» <i>dryophila</i>	<i>Lycoperdon pyriforme</i>
<i>Cortinarius</i> sp.	<i>Omphalia umbellifera</i>
<i>Hebeloma</i> sp.	<i>Peziza badia</i>
<i>Hygrophorus miniatus</i>	<i>Thelephora terrestris</i>
<i>Inocybe lacera</i>	<i>Tricholoma grammopodium</i>

Av dessa voro åren 1939 och 1940 *Lactarius torminosus* (skäggriskan), *Tricholoma grammopodium* och *Laccaria laccata* de vanligast förekommande.

På ljungmossetuvorna inom den askgödslade ytan förekomma fruktkroppar av *Lactarius rufus* samt någon gång även av *Boletus scaber* och *Paxillus involutus*.

Inom Norra Hällmyrens askgödslade yta ha också sklerotier iakttagits. Dessa äro emellertid av annat slag än de å Södra Hällmyren funna. De äro sällunda klotrunda (se fig. 19), högst 5 mm i diam. och av gråvit färg. Med förkärlek uppträda dessa sklerotier på ställen, där slagg, som medföljt askan, ännu kvarligger i marken.

De ogödslade partier av Norra Hällmyren, vilka ligga närmast den askgödslade ytan och intagas av rosling-(*Andromeda*)samhällen, hysa en mycket sparsam och torftig svampflora. Av högre svampar har observerats endast en *Cortinarius*-art.

Av de ovan nämnda svamparna äro *Boletus scaber*, *Entoloma rhodopolium* och *Lactarius rufus* med säkerhet mykorrhizabildare (se MELIN 1936 och

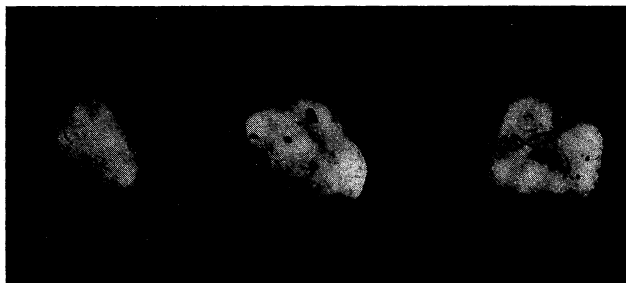


Fig. 18. Ljuskula eller orangefärgade sklerotier av oregelbunden form. 3×1 . Södra Hällmyrens askgödslade yta.
Hellgelbe oder orangegefärbte Sklerotien von unregelmässiger Form. 3×1 . Aschengedüngte Versuchsfläche, Södra Hällmyren.

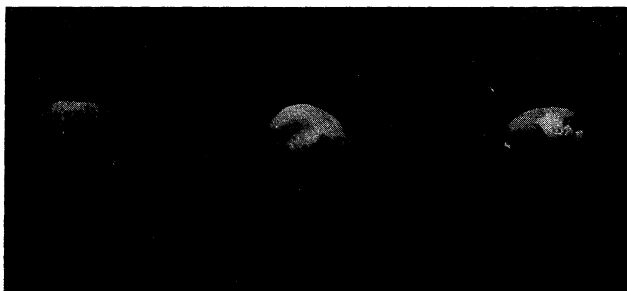


Fig. 19. Gråvita sklerotier av m. l. m. klotrund form. 3×1 .
Norra Hällmyrens askgödslade yta.
Grauweisse Sklerotien von mehr oder minder kugelrunder Form.
 3×1 . Aschengedüngte Versuchsfläche, Norra Hällmyren.

MODESS 1939) samt *Lactarius torminosus* och *Paxillus involutus* sannolikt sådana (se PEYRONEL 1922). Sistnämnda art är dock i varje fall ingen obligat mykorrhizasvamp, då den enligt benäget meddelande av dr L.-G. ROMELL i hans rotisoleringsförsök (i Orsa finmark) visat sig icke beroende av träd-rötter. Detta var däremot fallet med *Laccaria laccata* och *Lactarius glyciosmus*, som alltså sannolikt äro mykorrhizasvampar. Det är möjligt och i några fall sannolikt, att än flera av de ovan nämnda arterna kunna vara mykorrhizabildare, ehuru undersökningar häröver saknas.

Sammanfattning av de ovan meddelade undersökningsresultaten.

De viktigaste resultaten av de jämförande undersökningar, för vilka nu redogjorts rörande mykorrhizans och pseudomykorrhizans utbildningsformer och frekvens inom ogödslade och träaskegödslade partier av Hällmyrarna, kunna sammanfattas på följande sätt:

1. Inom de ogödslade partierna äro kortrötterna hos där växande träd och trädplantor till största delen (i medeltal 70—90 %) ombildade till pseudomykorrhizor. Egentlig mykorrhiza — företrädesvis av *B*-typ — förekommer alltså vanligen endast sparsamt och i dåligt utvecklade former. Hyfmanteln hos mykorrhizan är sålunda oftast mycket tunn. — Avvikande mykorrhizaförhållanden råda dock hos björk samt hos unga trädplantor växande på vallar av uppkastad dikesjord inom ogödslade partier. På dessa björkars rötter träffas sålunda emellanåt en rikt förgrenad *A*-mykorrhiza med i varandra tätt vindlade förgreningar och gråvit mantel med hyfsträngar (se fig. 10). Hos unga trädplantor på dikesjordvallarna äro stundom alla kortrötter ombildade till typiska *A*-mykorrhizor. (Hos äldre plantor och träd, som växa å dylika vallar, är dock mykorrhizabildningen vanligen svag.)

2. Inom de träaskegödslade partierna är mykorrhizabildningen i regel betydligt kraftigare än inom de ogödslade.

Detta gäller särskilt Södra Hällmyrens år 1918 askgödslade yta. Hos å denna yta förekommande träd och trädplantor äro kortrötterna i stor omfattning (i medeltal 50—60 %) ombildade till mykorrhizor; övriga äro utvecklade till pseudomykorrhizor. *A*-mykorrhizor med i regel väl utvecklad hyfmantel dominera.

På Norra Hällmyrens askgödslade yta förekomma mykorrhizor i betydligt högre frekvens än inom de ogödslade jämförelsepartierna till ytan, och dessa mykorrhizor äro också bättre utvecklade. Mykorrhizafrekvensen uppgår dock inom de av gräsrika samhällen intagna delarna av ytan ej till i medeltal högre belopp än 40 %, vilket förhållande kan synas anmärkningsvärt, då där befintliga träd förete synnerligen god växt.

De resultat, som vunnits genom denna min undersökning, ha ytterligare styrkt det uttalande, som MALMSTRÖM — på grundval av hans och professor MELINS preliminära mykorrhizastudie — gjort i avhandlingen av år 1935, nämligen »att ganska stora skillnader förefinnas med hänsyn till mykorrhizaförhållandena mellan Hällmyrarnas ogödslade och askgödslade delar». Dock har genom den noggranna kvantitativa uppskattning av förekommande

kortrottyper, som jag utfört i samband med mina undersökningar på Hällmyrarna, förekomsten av pseudomykorrhizor å de askgödslade ytorna visat sig vara betydligt större än vad som framgick av MALMSTRÖMS och MELINS studie.

Diskussion.

Trots att 30 år nu förflutit sedan Hällmyrarna avdikades, bära dessa myrar, om man undantar de träaskegödslade ytorna å desamma, ingen eller endast mycket sparsam och torftig trädvegetation. Mykorrhizabildningen har ävenledes i regel visat sig vara mycket svag. Mera talrikt och i bättre utvecklade former förekommer mykorrhiza endast hos träd och plantor på Södra Hällmyrens askgödslade yta samt hos helt unga trädplantor, växande å vallar av uppkastad jord längs diken. Det förtjänar dock i detta sammanhang att påpekas, att knappast något träd eller någon trädplanta på Hällmyrarna fullständigt saknar mykorrhiza eller ansatser därtill.

Som orsak till den svaga mykorrhizabildningen inom Hällmyrarnas ogödslade delar ligger nära till hands att tänka sig syrebrist i marken till följd av ofullständig torrläggning, särskilt som å de luckra och fördenskull väl genomluftade dikesjordvallarna mykorrhizafrekvensen ofta är mycket hög hos där växande unga trädplantor.

Syrebrist inom de markskikt, där trädrötterna huvudsakligen utbreda sig, torde dock efter Hällmyrarnas avdikning knappast föreligga annat än rent lokalt, såsom beträffande de allttjämt blöta partier, vilka intagas av tuvsävmossesamhällen. Torrläggningen är nämligen på de flesta andra ställen så kraftig, att fullt nöjaktig genomluftning av de övre markskikten erhållits. Vore den icke det, skulle för övrigt trädväxten på de askgödslade försöksytorna knappast kunna vara så god som den nu är. Man måste därför söka orsaken till den svaga mykorrhizabildningen och för övrigt till den uteblivna skogsväxten inom Hällmyrarnas ogödslade delar i något annat än syrebrist.

Orsaken till den bättre mykorrhizautvecklingen på dikesvallarna önskar jag f. n. icke diskutera. Däremot må några ord sägas om askgödslingens inverkan på trädväxt och mykorrhizabildning.

Då i och med tillförsel av träaska, vilken innehåller flertalet av för skogsväxten livsviktiga mineralämnen, ursprungligen trädlösa och improduktiva områden kommit att intagas av växtliga skogsbestånd, ligger det närmast till hands att antaga, att den före gödslingen svaga eller uteblivna skogsväxten på Hällmyrarna framför allt berott på brist på mineraliska näringsämnen i torven (jfr MALMSTRÖM 1935). Det behöver härvidlag icke endast vara fråga om brist på de vanligtvis uppmärksammade ämnena. Det kan lika väl gälla frånvaron av något eller några s. k. spårelement, d. v. s. ämnena,

som äro nödvändiga för växterna men blott i mycket små mängder. Det kunde t. ex. vara fråga om koppar (se särskilt MULDER 1940 och där citerad litteratur). Kopparbrist har nämligen visat sig vara orsaken till en hel del sjukdomssymptom hos kulturväxter på uppodlade torvmarker.

Vad mykorrhizabildningen beträffar har likaledes en i förhållande till de ogödslade partierna god utveckling kommit till stånd efter askgödslingen på den år 1918 gödslade ytan å Södra Hällmyren. Inom den 8 år senare och nära 4 gånger så kraftigt gödslade ytan å Norra Hällmyren är däremot mykorrhizautvecklingen i stort sett tämligen svag (se tab. 2), trots att trädväxten i högsta grad stimulerats, så att den askgödslade ytan f. n. utgör en grön oas mitt i den för övrigt trädlösa myren (se fig. 2). — Förhållandena å Norra Hällmyrens askgödslade yta synas sålunda bekräfta den tidigare såväl i naturen som i kulturförsök (jfr. t. ex. MITCHELL 1939, sid. 128 och BJÖRKMAN 1940, sid. 62) gjorda iakttagelsen, att trädplantor under vissa förhållanden kunna utvecklas gynnsamt även utan eller med föga mykorrhiza. Om orsaken till att mykorrhizautvecklingen icke starkare stimulerats å Norra Hällmyrens starkt gödslade yta är att söka i en alltför stor tillförsel av vissa näringsämnen (jfr HATCH 1937), i olämplig surhetsgrad (p_H ; jfr tab. 1), i torvens mullartade tillstånd eller i något annat kan icke utan ingående undersökningar avgöras.

Förhållandena å Södra Hällmyren visa i varje fall, att mykorrhizabildning i hög grad kan stimuleras av träaska i lämplig mängd.

Man kan också tänka sig, att askan verkat *indirekt* genom att framkalla vissa allmänna mikrobiologiska förändringar, vilka kunna ha påverkat exempelvis kväveomsättningen i marken. Med stöd av de erfarenheter man numera har angående kvävet stora betydelse för skogsträdens växtmöjligheter (jfr HESSELMAN 1926, 1927, 1937) och mykorrhizans utveckling (jfr MELIN 1927) kunde man anta, att den goda trädväxten och de relativt gynnsamma mykorrhizaförhållandena på de askgödslade ytorna skulle sammanhånga med en ökad kvävetillgång i marken. Detta kan synas så mycket mera sannolikt som på de askgödslade ytorna *Chamaenerium* och andra salpeterindicerande växter rikligt infunno sig omedelbart efter gödslingen. — Av de i samband med föreliggande undersökning utförda analyserna av torv dels från de gödslade ytorna och dels från ogödslade jämförelsepartier framgår emellertid, att halten av ammoniakkväve numera kan vara synnerligen stor även inom ogödslade partier samt att salpeterbildning kan äga rum likaväl inom mycket torftiga och trädlösa områden som inom askgödslade och skogintagna delar. Det är visserligen icke säkert, att vare sig det ena eller det andra säger så mycket om kväveomsättningen i marken. De aktuella halterna måste kraftigt påverkas av konkurrensförhållandena, vilka äro helt olika inom de trädlösa eller endast svagt bevuxna myrpartierna

och i de frodiga ungskogsbestånden. Lagringsproven torde heller icke i princip kunna ge tillförlitlig upplysning om kväveomsättningen i det orörda humuslagret (jfr ROMELL 1934, 1935). Huru härmed än förhåller sig, synes det emellertid som om på Hällmyrarna brist på för skogsträden tillgängligt kväve knappast kan vara orsak till den svaga eller uteblivna skogsväxten eller till den nedsatta mykorrhizautvecklingen. Detta stämmer också väl överens med de resultat MELIN kommit till vid undersökning av analoga myrar (jfr MELIN 1917) och även med resultat, erhållna vid av mig utförda, ännu pågående experimentella undersökningar.

De i MALMSTRÖMS avhandling meddelade analyserna från åren 1933 och 1934 visa, att betydande skillnader då förefunnos mellan Norra Hällmyrens askgödslade och ogödslade delar med hänsyn till halten av viktigare mineralämnen samt fosfor- och svavelsyra. Å Södra Hällmyren voro skillnaderna avsevärt mindre. De analyser — låt vara fåtaliga — som utförts å av mig sommaren 1940 insamlade torvprov från samma myrar med avseende på askhalten och halten av kalk, kali och fosforsyra (se tab. 1), bekräfta dessa resultat.

Att å Södra Hällmyren skillnaderna mellan de askgödslade och ogödslade delarna beträffande halten av de flesta i analyserna bestämda mineralämnen numera äro tämligen obetydliga, är så mycket mera anmärkningsvärt, som träden å denna myrs askgödslade yta ännu — 22 år efter askgödslingen — befinna sig i god växt. Om mykorrhizabildningen medverkat till detta förhållande är för närvarande icke lätt att avgöra. Troligt är emellertid, att genom den mycket betydande förstoring av den näringsupptagande ytan, som äger rum i och med korrötternas omvandling till mykorrhizor (jfr MELIN 1925, HATCH 1937) större möjligheter vinnas för träden att utnyttja växtplatsens förråd av näring. Har sålunda genom askgödsling en god mykorrhizautveckling kommit till stånd, torde härigenom — åtminstone till en tid — trädens näringsbehov tillfredsställande kunna fyllas, även sedan näringsförrådet i marken börjat minska.

Anförd litteratur.

- BJÖRCKMAN, E. 1937. Om inverkan av ammoniumnitrat på granmykorrhizans utbildning i råhumusmark. — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 30, sid. 631.
- 1940. Om mykorrhizans utbildning hos tall- och granplantor, odlade i näringsrika jordar vid olika kvävetillförsel och ljustillgång. — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 32.
- HATCH, A. B. 1934. A yet black mycelium forming ectotrophic mycorrhizae. — Svensk bot. tidskr., 28.
- 1937. The physical basis of mycotrophy in *Pinus*. — The Black Rock Forest Bull., 6.
- HESSELMAN, H. 1926. Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 22.
- 1927. Studier över barrträdsplantans utveckling i råhumus I. Betydelsen av kväve-mobiliseringen i råhumustäcket. — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 23.
- 1937. Om humustäckets beroende av beståndets ålder och sammansättning i den nordiska granskogen av blåbärsrik *Vaccinium*-typ och dess inverkan på skogens förnygring och tillväxt. — Medd. Stat. skogsförs.-anst., 30.
- HJERTSTEDT, H. 1938. Analysmetoder använda vid Svenska Mosskulturföreningens kemiska laboratorium. — Svenska Mosskulturföreningens tidskr., 51.
- LIHNELL, D. 1939. Untersuchungen über die Mykorrhizen und die Wurzelpilze von *Juniperus communis*. — Symbolae Botanicae Upsalienses III: 3.
- MALMSTRÖM, C. 1935. Om näringsförhållandenas betydelse för torvmarkers skogsproduktiva förmåga. En redogörelse för några belysande gödslingsförsök med träaska, utförda å Robertsfors bruk i Västerbotten på initiativ av jägmästare V. Ålund. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. 28.
- MELIN, E. 1917. Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation. — Norrl. hand-bibl. VII. Uppsala.
- 1923 a. Experimentelle Untersuchungen über die Konstitution und Ökologie der Mykorrhizen von *Pinus silvestris* und *Picea Abies*. — Mycol. Untersuch. u. Ber. von R. Falck, 2, Cassel.
- 1923 b. Experimentelle Untersuchungen über die Birken- und Espenmykorrhizen und ihre Pilzsymbionten. — Svensk bot. tidskr., 17.
- 1925. Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. — Jena.
- 1927. Studier över barrträdsplantans utveckling i råhumus II. Mykorrhizans utbildning hos tallplantan i olika råhumusformer. — Medd. Stat. skogsförs.-anst. 23.
- 1936. Methoden der experimentellen Untersuchung mykotropher Pflanzen. — Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. XI, 4.
- MITCHELL, H. L. 1939. The growth and nutrition of white pine (*Pinus strobus* L.) seedlings in cultures with varying nitrogen, phosphorus, potassium and calcium. — The Black Rock Forest Bull., 9.
- MODESS, O. 1939. Experimentelle Untersuchungen über Hymenomyceten und Gastromyceten als Mykorrhizabildner bei Kiefer und Fichte. — Svensk bot. tidskr. 33.
- MULDER, E. G. 1940. Ueber den Kupfermangel als Ursache der Urbarmachungskrankheit. — Zeitschr. für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz 50.
- PEYRONEL, B. 1922. Altri nuovi case di rapporti micorizici tra fanerogame e Basidiomiceti. — Bull. Soc. Bot. Ital. 1.
- ROMELL, L.-G. 1934. En biologisk teori för mårbildning och måraktivering. — Stockholm.
- 1935. Ecological problems of the humus layer in the forest. — Cornell Univ. Agr. Exp. Station Memoir 170.

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Ausbildung und Frequenz der Mykorrhiza in mit Asche gedüngten und ungedüngten Teilen von entwässertem Moor.

Die Abhandlung von MALMSTRÖM über die interessanten Düngungsversuche mit Holzasche, die auf Anregung des verstorbenen Forstmeisters V. ÅLUND auf den Mooren Södra und Norra Hällmyrarna bei Robertsfors in der Provinz Västerbotten (Nordschweden) ausgeführt wurden, enthält u. a. einen kurzen Bericht über Mykorrhizaverhältnisse an Baumwurzeln innerhalb der gedüngten und ungedüngten Partien dieser Moore. Dieser Bericht stützte sich auf ein Wurzelmaterial von geringerem Umfang, das von MALMSTRÖM im Herbst 1933 eingesammelt und später von Professor ELIAS MELIN auf vorkommende Mykorrhizen und Pseudomykorrhizen untersucht wurde. Obwohl MALMSTRÖMS Bericht zur Beleuchtung der Beziehungen zwischen der Ausbildung der Baummykorrhiza auf entwässerten Mooren und dort herrschenden Ernährungsverhältnissen beigetragen hat, ist er im wesentlichen als eine orientierende Mitteilung zu betrachten. Aus diesem Grunde war es wünschenswert, diesem Problem weitere Untersuchungen zu widmen, umso mehr als man in der letzten Zeit der Mykorrhiza grössere Bedeutung als wichtigem Faktor für den Waldwuchs auf Moorböden beimisst.

Mit Rücksicht darauf wurde im Herbst 1939 auf Anregung von Professor CARL MALMSTRÖM eine ergänzende und umfassendere Untersuchung der Mykorrhizaverhältnisse bei Waldbäumen auf Hällmyrarna eingeleitet und diese Untersuchung dem Verfasser anvertraut.

Die Ergebnisse dieser im Sommer 1940 abgeschlossenen Untersuchung werden im folgenden dargelegt.

Die Versuche mit Zufuhr von Holzasche auf den ursprünglich sehr nahrungsarmen Hällmyrarna haben gezeigt, dass die Waldwuchs-, Bodenvegetations- und Bodenverhältnisse durch eine solche Massnahme stark verändert und verbessert werden können, dass aber auch die Mykorrhizaverhältnisse hierdurch beeinflusst werden. Die vorliegende Untersuchung hat zum Ziel, diesen Einfluss durch Gegenüberstellung von Ausbildungsformen und Frequenz der Mykorrhiza innerhalb der mit Holzasche gedüngten und ungedüngten Teile der Hällmyrarna näher zu erläutern.

Die Naturverhältnisse auf Hällmyrarna und die dort angelegten Versuchsflächen.

Södra und Norra Hällmyrarna sind zwei nahe am Kamm eines niedrigen Bergrückens gelegene Moore. Ihre Wassergebiete sind dadurch sehr klein, und die Wasserzufuhr erfolgt in der Hauptsache in Form von Niederschlägen. Infolgedessen

sind diese Moore sehr nährstoffarm geworden. Ursprünglich bestanden die Mittelpartien der Moore hauptsächlich aus baumlosen Rasensimsen- (*Scirpus caespitosus*-) Moorgesellschaften und die Randpartien aus Reisermoorgesellschaften mit spärlichem Kiefernwuchs.

1910 wurden die beiden Moore entwässert; diese Entwässerung hatte jedoch keine Verbesserung des Baumwuchses mit sich gebracht. Dagegen war eine geringe Veränderung der *Scirpus caespitosus*-Gesellschaften zu erkennen. Weissmoose begannen zu verschwinden, und auch die Rasensimse musste vor *Andromeda polifolia*, die vor der Entwässerung eine recht untergeordnete Rolle spielte, weichen. *Scirpus caespitosus*-Gesellschaften gingen hierdurch in grossem Umfang in einen Vegetationstyp über, der als *Andromeda*-Gesellschaft bezeichnet werden kann. Irgendwelche nennenswerte Veränderung der Reisermoorgesellschaften trat dagegen nicht ein.

Die Nährstoffarmut von Hällmyrarna und die nach der Entwässerung ausgebliebene Waldvegetation waren die Gründe weshalb Forstmeister ÅLUND Hällmyrarna als Untersuchungsgebiet für Versuche mit Holzaschendüngung wählte, um dadurch eine Vorstellung von der Bedeutung der Nährstoffverhältnisse für das waldproduktive Vermögen der Moore zu erhalten.

Er legte 1918 auf Södra Hällmyren eine Versuchsfläche von etwa 0,3 ha an, die mit 1 000 kg Holzasche, entsprechend 3 300 kg/ha, gedüngt wurde. Diese Fläche liegt nahe der Mitte des Moores innerhalb einer ursprünglich von *Scirpus caespitosus* eingenommenen Partie, wo die Vegetation nach der Entwässerung vom Jahre 1910 in *Andromeda*-Gesellschaft übergegangen ist.

1926 legte Forstmeister ÅLUND eine Versuchsfläche von 0,16 ha in der Mittelpartie von Norra Hällmyren an. Die Beschaffenheit des Vegetationstyps dieser Fläche war im wesentlichen dieselbe wie bei der vorhergehenden; sie wurde aber mit einer weit grösseren Menge Holzasche, 1 000 kg oder 12 500 kg je ha, gedüngt.

Als Vergleichsflächen dienten Moorteile in der Nähe der gedüngten Flächen und von genau demselben Typ wie diese vor der Düngung.

Im ersten Jahre nach der Düngung fanden sich auf den gedüngten Flächen *Chamaenerium angustifolium* und die Moose *Marchantia polymorpha* und *Ceratodon purpureus* in grossen Mengen ein. Zu dieser Vegetation gesellten sich später Birke, die sich sehr schnell und gut entwickelte, und in gewissem Umfang auch Fichte und Kiefer sowie einige Gräser, Kräuter und Moose. *Chamaenerium* und *Marchantia* nahmen später stark ab. Auf der gedüngten Versuchsfläche auf Södra Hällmyren sieht man heute in sehr grossem Umfang Bärenmoos- (*Polytrichum*-) reiche Birken- gesellschaften mit Fichten- und Kiefernunterwuchs (Fig. 1) und auf der entsprechenden Fläche auf Norra Hällmyren vorwiegend Rasenschmielen- (*Deschampsia caespitosa*-) und *Calamagrostis purpurea*-Gesellschaften mit dichtem Birkenwuchs. Die gedüngten Versuchsflächen unterscheiden sich daher nunmehr sehr scharf von den angrenzenden, ungedüngten Teilen der Moore, die fortdauernd zu weitaus grösstem Teil baumlos daliegen und von *Andromeda*-Gesellschaften oder von Übergangstypen von *Sc. caespitosus* zu *Andromeda* bewachsen sind (Fig. 2).

Die Unterschiede zwischen den gedüngten und ungedüngten Moorteilen kommen nicht nur in floristischer und forstlicher Hinsicht zur Geltung, sondern auch mit Rücksicht auf die Bodenverhältnisse (s. MALMSTRÖM 1935 und Tab. 1), obwohl letztere Unterschiede, namentlich auf Södra Hällmyren, in den letzten Jahren in gewisser Hinsicht schwächer geworden sind.

1. Grosse Unterschiede zwischen den gedüngten und ungedüngten Flächen

bestehen in der Regel bezüglich der Bodenstruktur und dem Vermoderungszustand. Diese Unterschiede beziehen sich aber lediglich auf die oberste Bodenschicht (0—10 cm unter Bodenoberfläche). Innerhalb der aschengedüngten Teile von Södra Hällmyren mit *Polytrichum*-reichem Birkenwald ist die oberste Torfschicht *rohhumusartig*; die entsprechende Schicht der gedüngten Fläche auf Norra Hällmyren, und zwar jener Teile, die von grasreichen Gesellschaften mit Baumwuchs eingenommen sind, ist mehr oder weniger *mullartig*. Dagegen zeichnen sich die ungedüngten Moorpartien fortdauernd durch ziemlich undifferenzierte Torfstruktur aus, die bis zur Oberfläche des Bodens reicht.

2. Die Reaktionszahl innerhalb des Norra Hällmyren variiert erheblich. Auf der zugehörigen Versuchsfläche bewegt sie sich meist um p_H 6, steigt aber nicht selten über p_H 7. Dies gilt jedoch nur für die oberste Bodenschicht. p_H -Werte nehmen nämlich rasch mit steigender Tiefe ab, und bereits 2 dm tief sind sie wenig von den Werten verschieden, die man in gleicher Tiefe auf ungedüngten Teilen des Moores findet. Innerhalb der ungedüngten Gebiete liegen die p_H -Werte um 4. Auf Södra Hällmyren sind die Unterschiede in der Reaktionszahl zwischen gedüngten und ungedüngten Partien gering oder gleich Null. Sie beträgt im Durchschnitt etwa 4.

3. Zwischen den gedüngten und ungedüngten Teilen von Norra Hällmyren sind immer noch deutliche Unterschiede in bezug auf den Gehalt an wichtigeren Mineralstoffen vorhanden. Dagegen sind diese Unterschiede bei entsprechenden Teilen von Södra Hällmyren nunmehr unbedeutend oder kaum wahrnehmbar. — Von den Mineralstoffen, die auf den gedüngten Teilen die meist auffallende Zunahme zeigen, ist vor allem der Kalk zu nennen, was auch ganz natürlich ist, da die Holzasche fast zur Hälfte aus Kalk besteht.

4. Grössere Unterschiede im Stickstoffgehalt zwischen gedüngten (jetzt walddproduktiven) und ungedüngten (noch kahlen) von *Sc. caespitosus*-Moorgesellschaften ursprünglich bewachsenen Partien der Hällmyrarna sind dagegen *nicht* vorhanden. Dies erwies sich aus der Untersuchung von Nitrat- und Ammoniakgehalt bei Torfproben von den genannten Partien teils gleich nach der Probenahme, teils nach 3-monatiger Lagerung der Proben (vgl. aber Diskussion, s. 295).

Die Mykorrhizaverhältnisse auf Hällmyrarna.

Typeneinteilung. Bei der Beschreibung der Mykorrhizaverhältnisse auf Hällmyrarna wird die nachstehende Typeneinteilung nach MELIN 1927 (vgl. auch BJÖRKMAN 1940, S. 30) befolgt.

Mykorrhiza A: Dieser Mykorrhizatyp ist bei Kiefer unverzweigt oder dichotomisch verzweigt (gegabelt), bei Fichte und Birke einfach oder monopodial (baumartig) verzweigt (s. Fig. 4—11 und 15—17). Die Farbe wechselt zwischen grauweiss und dunkelbraun, was teilweise davon abhängt, aus welchen Pilzen die Mykorrhiza zusammengesetzt ist. Die Stärke des Mantels variiert gewöhnlich zwischen 10 und 25 μ . Hyphenstränge sind mit Ausnahme einiger speziellen Fälle (s. Fig. 10, 11 und 16) nicht vorhanden.

Mykorrhiza B: Diese wird dadurch gekennzeichnet, dass wirkliche Mykorrhizastruktur (von gleicher Art wie bei Mykorrhiza A) nur an der Kurzwurzelspitze vorkommt, und dass die übrigen Teile der Kurzwurzel Pseudomykorrhizastruktur aufweisen. In dieser Untersuchung wird B-Mykorrhiza gemeinsam mit A-Mykorrhiza behandelt.

Mykorrhiza C: Dieser meist als »Knollenmykorrhiza« bezeichnete Mykorrhizotyp besteht in der Regel aus kurzen, zusammengewachsenen Kurzwurzelverzweigungen. Der Mantel ist dick, meist gelbgrau, in der Regel zahlreiche Hyphenstränge ausstrahlend. Bisweilen kann dieser Mykorrhizotyp einfach sein, er unterscheidet sich aber von der gewöhnlichen A-Mykorrhiza durch seinen dicken, »zotigen«, gewöhnlich gelbgrauen Hyphenmantel. C-Mykorrhiza kommt, soweit bekannt, nur bei Kiefer vor und wird nach MELIN (1923) von *Boletus*-Arten gebildet.

Mykorrhiza D: Tritt entweder als ein Typ mit dünnen Hyphen auf, die einen besonderen Mantel auf einer A-Mykorrhiza bilden (Typ *Da*, von *M. R. atrovirens* konstituiert) oder als ein Typ mit gröberen, schwarzbraunen Hyphen, die von der Oberfläche der Kurzwurzel ausstrahlen (Typ *Dn*, nach HATCH 1934 von *M. R. nigrostrigosum* konstituiert). Die Farbe ist braunschwarz bis rein schwarz. Nach LIHNELL (1939) ist *M. R. nigrostrigosum* höchstwahrscheinlich mit dem Myzel des in Waldböden oft vorkommenden, sklerotienbildenden Pilzes *Cenococcum graniforme* identisch.

Diese Typeneinteilung, die ursprünglich zur Unterscheidung verschiedener Mykorrhizotypen bei Kiefer (oder Fichte) dienen sollte, ist auch zur Charakterisierung der Birkenmykorrhiza anwendbar. Eine bei Birke auf Hällmyrarna vorkommende Mykorrhizaform ist indessen schwer in das oben dargelegte Einteilungsschema einzuordnen. Es ist dies eine meist in grossen Anhäufungen vorkommende Mykorrhiza (s. Fig. 10 und 11), die aus langgestreckten Kurzwurzelverzweigungen von monopodialeem Typ besteht. Diese Verzweigungen sind in ausgebildetem Zustand dicht umeinander gewunden, so dass die ganze Bildung an einen Knäuel von unregelmässiger Form erinnert. Diese Mykorrhiza ist mit weissgrauem Hyphenmantel und starken Hyphensträngen versehen. Dem Aussehen nach zu urteilen, könnte man diese Mykorrhizaform möglicherweise als eine C-Mykorrhiza bezeichnen; da sie aber denselben Bau wie eine typische A-Mykorrhiza aufweist, ist sie auch als eine solche zu rechnen. Höchstwahrscheinlich ist es auch diese Mykorrhizaform, die MELIN in MALMSTRÖMS Abhandlung (1935) als »A-Mykorrhiza von abweichendem Typ« bezeichnet.

Einsammeln und Bearbeitung des Wurzelmaterials. Das Material für Wurzelanalysen wurde nur von solchen Bäumen und Pflanzen gesammelt, die an für die fraglichen Vegetations- bzw. Bodentypen charakteristischen Stellen wuchsen und als repräsentativ für die betreffenden Stellen zu bezeichnen sind.

Für jede untersuchte Pflanze wurden folgende Aufzeichnungen gemacht: Zustand, Höhe und Verzweigung der Pflanze, Nadel- und Maitrieblänge, Entwicklung des Wurzelsystems sowie Mykorrhizaverhältnisse. Ferner wurde das Wichtigste über Licht-, Bodenstruktur- und Feuchtigkeitsverhältnisse an den betreffenden Standorten notiert. Letzterwähnte Faktoren spielen nämlich eine bedeutende Rolle nicht nur für die Entwicklung der Pflanze, sondern auch für die Ausbildung der Mykorrhiza.

Das Einsammeln des Wurzelmaterials wurde im Juli und in der ersten Hälfte des August 1939 sowie im August 1940 vorgenommen.

Das Ausheben des ganzen Wurzelsystems eines Baumes oder einer Pflanze ist eine sehr zeitraubende Arbeit, weshalb der Umfang des gesammelten Materials nicht sehr gross sein konnte. An jeder zu untersuchenden Stelle wurden jedoch, wo es nur möglich war, mindestens 50 nach Altersklassen gleichmässig verteilte Pflanzen oder Jungbäume von jeder Holzart entnommen. Nur unbeschädigte oder (bei Birke) nach Möglichkeit unbeschädigte Wurzelsysteme sind analysiert worden.

Bei der Berechnung der Frequenz der Mykorrhiza ist das Material in Altersstufen von 2—5, 6—10, 11—15 und 16—20 Jahren eingeteilt worden. Einjährige Pflanzen wurden nicht mitgenommen, da die Mykorrhiza bei solchen bei der Probenahme noch nicht voll entwickelt war. Es hat sich gezeigt, dass das Pflanzenalter von Bedeutung ist, indem nämlich — wenigstens auf ungedüngten Moorpartien — die Frequenz und die Ausbildung der Mykorrhiza je nach dem Pflanzenalter sehr stark variieren kann.

Die Frequenz der Mykorrhiza wurde durch Zählung der *verpilzten Kurzwurzelspitzen* ermittelt. In solchen Fällen, wo die verpilzte Kurzwurzel verzweigt war und verschiedene Spitzen bildete, wurde jede Spitze für sich gezählt (vgl. HATCH 1937, S. 74). Dass die Zählung auf diese Weise geschah und nicht, wie früher üblich, nach der Zahl der *verpilzten Kurzwurzeln*, beruht darauf, dass die Kurzwurzeln, besonders bei Bäumen und älteren Pflanzen, oft wiederholt verzweigt sind und dadurch »Klumpen« von Mykorrhizen bilden. Ein solcher »Klumpen« kann quantitativ betrachtet nicht mit einer unverzweigten verpilzten Kurzwurzel verglichen werden. Wenn die Kurzwurzelverzweigung sehr reichlich ist, kann es jedoch sehr schwierig, ja bisweilen unmöglich sein, die Zahl der verpilzten Kurzwurzelspitzen, wie z. B. bei der vorhin erwähnten reichlich verzweigten *A*-Mykorrhiza mit Hyphensträngen an Birke (s. Fig. 10 und 11), zu berechnen. Diese Schwierigkeiten machen sich jedoch fast ausschliesslich bei der Untersuchung von Wurzeln der Bäume und älterer Pflanzen bemerkbar. Die Bestimmung der Frequenz von *C*-Mykorrhiza wurde auch nach der eben beschriebenen Methode ausgeführt; die hierbei ermittelten Werte sind infolge kurzer und oft nicht ganz deutlicher Kurzwurzelverzweigungen sehr approximativ.

Das Durchsehen und die Bearbeitung des Wurzelmaterials geschah teils unmittelbar nach der Probenahme, teils später an in Alkohol oder in der Fixierlösung von KARPETSCHENKO-NAWASCHIN konservierten Proben. Die Wurzeln wurden unter Präparierlupe bei 10- bis 15facher Vergrösserung durchgesehen. Zur anatomischen Untersuchung gewisser Kurzwurzeln und zur Bestimmung des Typs wurde eine grosse Anzahl mit Orseillin BB und Anilinblau gefärbter mikroskopischer Präparate angefertigt.

Södra Hällmyren.

Wie bereits erwähnt, ist der grösste Teil der mit **Holzasche gedüngten Versuchsfläche** von Södra Hällmyren nunmehr von einem wohlgeschlossenen Birkenbestand bestockt.

Das Wurzelsystem bei auf dieser Fläche vorkommenden Holzarten ist in der Regel wohlentwickelt, aber im Vergleich mit dem Wurzelsystem von Bäumen und Pflanzen der ungedüngten Vergleichspartien nicht besonders weit verzweigt. Die Mykorrhizausbildung ist bei allen Holzarten relativ gut. Die Mykorrhizen sitzen nahe an der Bodenoberfläche und sind, namentlich bei Kiefer und älterer Birke, in dichten Gruppen zusammengehäuft.

Bei der Untersuchung der Mykorrhizaverhältnisse dieser Fläche ergab sich folgendes (s. auch Tab. 2, in der Zahlenangaben über die Frequenzverhältnisse angeführt sind).

Kiefer: Die Kurzwurzeln sind in grossem Umfang in Mykorrhizen von *A*- und *B*-Typ umgewandelt. Dies gilt auch für die Langwurzeln, die an der Spitze oft von Mykorrhizapilzen infiziert sind. Fig. 4 und 5 zeigen die am häufigsten vor-

kommenden Typen der *A*-Mykorrhiza. — Ausser Mykorrhizen von *A*-Typ kommen auch solche von *C*- und *D*-Typ vor. Zahlreiche Kurzwurzeln (40—50 %) sind ferner in Pseudomykorrhizen umgewandelt. Diese sind von üblichem Typ.

Fichte: *A*- und *B*-Mykorrhizen kommen reichlich vor (s. u. a. Fig. 6 und 7), aber auch die Frequenz der Pseudomykorrhizen ist hoch.

Birke: *A*- und *B*-Mykorrhizen von verschiedener Ausbildungsform sind reichlich vertreten. Die gewöhnlichste Form (s. Fig. 8) ist gelbbraun und hat einen 15—25 μ dicken, von grosszelligem Pseudoparenchym aufgebauten Hyphenmantel. Von den übrigen *A*- und *B*-Mykorrhizaformen sind besonders die in Fig. 9 und 10 abgebildeten zu nennen. *C*-Mykorrhiza fehlt und *D*-Mykorrhiza kommt nur sporadisch vor. Pseudomykorrhiza ist dagegen reichlich vertreten und tritt in gleicher Form wie bei Kiefer und Fichte (s. Fig. 12) auf.

Innerhalb der **ungedüngten Partien** von Södra Hällmyren ist die Mykorrhizabildung bedeutend schwächer als auf der gedüngten Fläche. Das zur Mykorrhizauntersuchung gesammelte Pflanzenmaterial von diesen Partien stammt aus einigen von MALMSTRÖM (1935) eingehend beschriebenen Pflanzengesellschaften, nämlich:

1. *Scirpus caespitosus*-Moor mit *Eriophorum vaginatum*,
2. desgl., in *Andromeda*-Gesellschaft übergehend, und
3. *Molinia coerulea*-Gesellschaft.

Auch von Erdwällen längs Grabenrändern wurde eine Anzahl Kiefern-, Fichten- und Birkenpflanzen ausgehoben und untersucht.

Bäume und Baumpflanzen kommen innerhalb dieser Pflanzengesellschaften nur spärlich und als schwächwüchsige Individuen vor. In der erstgenannten Gesellschaft tritt nur die Kiefer, in den beiden übrigen aber auch die Birke sowie in geringem Umfang die Fichte auf. Das Wurzelsystem bei diesen Pflanzen und im Wachstum zurückgebliebenen Bäumen ist gewöhnlich weit ausgedehnt und reich verzweigt. Die Kurzwurzeln sitzen ziemlich dicht (ausser bei Pflanzen aus *Sc. caespitosus*-Moorgesellschaft mit *E. vaginatum*, an welchen sie verhältnismässig weit voneinander abstehen) und sind in der Regel nur in geringem Umfang in Mykorrhizen umgewandelt. Statt dessen kommen Pseudomykorrhizen sehr zahlreich (ca. 75—90 %) vor. Als Ausnahme ist der Befund von reichlich vorkommender Mykorrhiza (bis 70 %) an 2—5jährigen Kiefernpflanzen zu erwähnen. Bei älteren Pflanzen nimmt jedoch die Mykorrhizabildung allem Anschein nach stark ab.

Über die Ausbildungsformen der Mykorrhiza gibt die nachstehende Übersicht Auskunft.

Kiefer: Die am häufigsten vorkommenden Mykorrhizen sind von *A*- und *B*-Typ, doch werden auch *C*- und *D*-Mykorrhizen, obwohl sehr spärlich, angetroffen. Die *A*-Mykorrhizen sind in der Regel von der in Fig. 4 abgebildeten Form, wenn auch mit etwas dünnerem Mantel und von dunklerer Farbe.

Fichte: Die Ausbildung der Mykorrhiza stimmt im wesentlichen mit der bei Kiefer überein; *C*-Mykorrhiza kommt jedoch nicht vor.

Birke: *A*- und *B*-Mykorrhizen kommen, obwohl in der Regel schlecht entwickelt, vor. Ihre gewöhnlichste Ausbildungsform wird durch Fig. 8, 10 und 11 veranschaulicht.

Auf Wällen von aufgeworfener Grabenerde innerhalb der ungedüngten Partien von Södra Hällmyren haben sich Birke und Kiefer sowie in geringerem

Umfang auch Fichte eingefunden. Vereinzelte Birken zeigen einen kräftigen Wuchs, die Mehrzahl aber sowie ältere Kiefern und Fichten führen ein kümmerliches Dasein. Jüngere (2—5-jährige) Baumpflanzen sind aber im allgemeinen von recht gutem Wuchs, was indessen in der Regel vorübergehend zu sein scheint. — Bei den Einzelbäumen mit gutem Wuchs sowie bei den 2—5-jährigen Pflanzen kommen im allgemeinen wohlentwickelte Mykorrhizen sehr zahlreich vor. Deren Kurzwurzeln waren in manchen Fällen bis 100 % zu Mykorrhizen umgebildet. Bei etwas älteren Holzpflanzen und mehr ausgewachsenen Bäumen herrschen dagegen die Pseudomykorrhizen vor, die Mykorrhizen treten nur in geringem Umfang auf.

Die Mykorrhizen bei auf solchen Wällen vorkommenden Kiefern gehören im grossen ganzen demselben Typ an, nämlich einer meist reich verzweigten *A*-Mykorrhiza, die der in Fig. 4 abgebildeten ähnlich ist. Die an Birkenwurzeln auftretenden Mykorrhizen sind zum grössten Teil von ähnlichem Typ wie die in Fig. 8 abgebildete Mykorrhiza.

Norra Hällmyren.

Innerhalb der 1926 mit **Holzasche gedüngten Fläche** kommen vorwiegend *Deschampsia caespitosa*- und *Calamagrostis purpurea*-Gesellschaften mit dichtem Birkenwuchs und eingesprengter Fichte und Kiefer vor. An manchen Stellen findet man aber auch *Calluna*-Moorbülten mit Kiefernwuchs. An den von beiden erstgenannten Pflanzengesellschaften bewachsenen Stellen ist die oberste Bodenschicht (0—10 cm tief) im Gegensatz zu *Calluna*-Moorbülten etwas mullartig. Alle Bäume und fast alle Pflanzen dieser Fläche sind auffallend wüchsig (s. Fig. 14). Deren Wurzeln sind wohlentwickelt, doch nicht so langgestreckt wie bei Bäumen und Pflanzen von entsprechender Höhe auf ungedüngten Partien. Die Kurzwurzeln sitzen ziemlich weit voneinander, und Wurzelhaare treten nur spärlich auf.

Das Studium der Mykorrhizaverhältnisse auf dieser Fläche beschränkte sich vor allem auf die *Deschampsia caespitosa*- und *Calamagrostis purpurea*-Gesellschaften.

Die Kurzwurzeln der Bäume und Pflanzen innerhalb dieser Gesellschaften sind in grossem Umfang zu Mykorrhizen, der Hauptteil (im Durchschnitt etwa 60 %) aber zu Pseudomykorrhizen umgebildet. Die Mykorrhizaausbildung ist mithin innerhalb der *Deschampsia caespitosa*- und *Calamagrostis purpurea*-Gesellschaften auf Norra Hällmyren schlechter als auf aschengedüngter Fläche von Södra Hällmyren. Diese Feststellung ist von nicht geringem Interesse.

Die Pseudomykorrhizen sind schmal und meist schwarzbraun sowie bei Kiefer bisweilen gabelförmig verzweigt.

Die Ausbildungsformen der Mykorrhizen sind die folgenden.

Kiefer: Hauptsächlich in der Regel ziemlich schlecht entwickelte, lange und schmale *A*- oder *B*-Mykorrhiza (s. Fig. 15). Der Mantel ist dünn (höchstens 10 μ) und meist schwarzbraun. Ausser diesem Typ kommen auch *C*- und *D*-Mykorrhizen, wenn auch nur sehr spärlich, vor.

Fichte: Mit Ausnahme von *C*-Mykorrhiza kommen dieselben Mykorrhizentypen wie bei der Kiefer vor.

Birke: *A*- und *B*-Mykorrhizen kommen vor; *D*-Mykorrhiza ist dagegen nicht beobachtet worden. Die häufigste Form von *A*-Mykorrhiza ist aus Fig. 8 zu erse-

hen; ausserdem kommen aber auch andere Formen vor, die in Fig. 10 und 16 wiedergegeben sind.

Auf den baumbewachsenen Reisermoorbülden innerhalb der Fläche sind die Mykorrhizaverhältnisse oft bedeutend besser als in den oben beschriebenen grasreichen Gesellschaften. So findet man dort, besonders an Kiefernwurzeln, eine oft reich verzweigte *A*-Mykorrhiza (Fig. 17) mit dicken (etwa $20\ \mu$) Hyphenmantel von grauer bis hellbrauner Farbe.

Die der aschengedüngten Fläche am nächsten gelegenen **ungedüngten Partien** von Norra Hällmyren sind hauptsächlich von *Andromeda*-Gesellschaften bewachsen. Innerhalb dieser Gesellschaften kommt der Baumwuchs nur äusserst spärlich vor. An den wenigen Stellen, wo dieser auftritt, besteht er aus kümmernden Pflanzen und Krüppelwüchsen von Kiefer und Birke.

Das Wurzelsystem bei dieser zurückgebliebenen Holzvegetation ist bemerkenswert langgestreckt und in der Regel nur unbedeutend verzweigt. Die Kurzwurzeln sitzen in weiten Abständen und sind zu weitaus grösstem Teil (ca. 90 %) in Pseudomykorrhizen umgewandelt. Die Mykorrhizen kommen nur spärlich und in schlecht entwickelten Formen vor; näheres darüber s. Tab. 2.

Auf Wällen von aufgeworfener Grabenerde trifft man auf Norra Hällmyren Birken, Kiefern und Fichten als Pflanzen und niedrige Bäume an. Deren Wuchsart und Mykorrhizaverhältnisse sind genau dieselben wie bei den entsprechenden Holzarten auf Grabenwällen von Södra Hällmyren. So kann die Mykorrhizaentwicklung auch hier unter gewissen Verhältnissen sehr kräftig sein.

Das Vorkommen von höheren Pilzen auf Hällmyrarna.

Im Zusammenhang mit der Untersuchung von Mykorrhizaverhältnissen wurden auch im Nachsommer und Herbst 1939 und 1940 Beobachtungen über das Vorkommen verschiedener höherer Pilze gemacht.

Diese Beobachtungen sind von grossem Interesse, auch wenn man aus dem Vorkommen einer gewissen Pilzart nicht ohne weiteres schliessen kann, ob und in welchem Masse diese mit der Mykorrhizabildung in Verbindung steht.

Södra Hällmyren. Auf der aschengedüngten Fläche sind folgende Pilzarten gefunden worden: *Boletus scaber*, *Collybia confluens* und *dryophila*, *Entoloma rhodopolium*, *Lactarius trivialis* und *Paxillus involutus*. Von diesen Pilzen ist *Lactarius trivialis* besonders häufig, während die übrigen in geringeren Mengen vorkommen. Ausserdem wurden auf dieser Fläche, namentlich in hohen *Polypodium*-Bülden, einige sehr charakteristische Sklerotien festgestellt (s. Fig. 18). — Auf den ungedüngten Moorteilen wurden nur folgende Arten in einzelnen Exemplaren angetroffen: *Boletus scaber*, *Lactarius rufus* und *Paxillus involutus*.

Norra Hällmyren. In den von *Deschampsia caespitosa*- und *Calamagrostis purpurea*-Gesellschaften eingenommenen Teilen der aschengedüngten Fläche wurden folgende Arten, sämtlich in einzelnen Exemplaren, nachgewiesen: *Boletus scaber*, *Clitocybe candicans* und *cyathiformis*, *Collybia confluens* und *dryophila*, *Cortinarius* sp., *Hebeloma* sp., *Hygrophorus miniatus*, *Inocybe lacera*, *Laccaria laccata*, *Lactarius glycosmus* und *torminosus*, *Lepiota amianthina*, *Lycoperdon pyriforme*, *Omphalia umbellifera*, *Peziza badia*, *Telephora terrestris* und *Tricholoma grammopodium*. Auf *Calluna*-Moorbülden der Fläche kommen Fruchtkörper von *Lactarius rufus*, *Boletus scaber* und *Paxillus involutus* vor. Auch auf dieser Fläche

treten Sklerotien auf; diese weichen in ihrer Form etwas von jenen auf Södra Hällmyren ab (s. Fig. 19). Diese Sklerotien kommen vorzugsweise an solchen Stellen vor, wo Schlacke, die mit Holzasche verstreut wurde, noch im Boden liegt. — Die ungedüngten Partien von Norra Hällmyren, die der Fläche am nächsten gelegen und von *Andromeda*-Gesellschaften bewachsen sind, beherbergen eine sehr spärliche und dürftige Pilzflora. Von höheren Pilzen wurde nur eine *Cortinarius*-Art festgestellt.

Diskussion.

Obwohl nunmehr 30 Jahre vergangen sind, seitdem die Hällmyrarna entwässert wurden, weisen diese Moore, wenn man von den mit Holzasche gedüngten Flächen absieht, keine oder nur sehr spärliche und dürftige Baumvegetation auf. Auch die Mykorrhizabildung erwies sich in der Regel als sehr schwach. Zahlreicher und in besser entwickelten Formen kommt die Mykorrhiza nur bei Bäumen und Sträuchern auf der aschengedüngten Fläche von Södra Hällmyren sowie bei ganz jungen, auf Wällen von aufgeworfener Erde längs Gräben wachsenden Baumpflanzen vor. In diesem Zusammenhang ist jedoch hervorzuheben, dass die Mykorrhiza oder Ansätze hierzu bei kaum einem Baum oder einer Pflanze auf Hällmyrarna *vollständig* fehlen.

Es liegt nahe zu vermuten, dass die Ursache der schwachen Mykorrhizabildung in den ungedüngten Teilen von Hällmyrarna in dem durch unvollständige Entwässerung verursachten Sauerstoffmangel des Bodens zu suchen ist, zumal die Mykorrhizafrequenz bei jungen Baumpflanzen auf lockeren und daher wohl durchlüfteten Grabenerdwällen oft sehr hoch ist.

Der Sauerstoffmangel in den Bodenschichten, wo die Baumwurzeln hauptsächlich gelagert sind, dürfte jedoch nach der Entwässerung von Hällmyrarna kaum anders vorliegen als rein lokal, wie z. B. auf immer noch nassen, von *Sc. caespitosus*-Moorgesellschaften bewachsenen Partien. Die Trockenlegung war nämlich an den meisten übrigen Stellen so intensiv, dass eine völlig befriedigende Durchlüftung der oberen Bodenschichten erreicht werden konnte. Wäre dies nicht der Fall, würde übrigens der Wuchs der Baumpflanzen kaum so gut sein können, wie er es gegenwärtig ist. Die Ursache der besseren Mykorrhizaentwicklung auf Grabenwällen möchten ich z. Z. nicht erörtern. Dagegen seien einige Worte über die Einwirkung der Aschendüngung auf das Baumwachstum und die Mykorrhizabildung gesagt.

Die Ursache der schwachen Mykorrhizabildung und im übrigen auch des ausgebliebenen Waldwuchses innerhalb der ungedüngten Teile von Hällmyrarna ist somit nicht im Sauerstoffmangel, sondern in einem anderen Faktor zu suchen.

Da die ursprünglich baumlosen und unproduktiven Gebiete durch Zufuhr von Holzasche, die die Mehrzahl der für Holzgewächse lebenswichtigen Mineralstoffe enthält, in wüchsige Bestände verwandelt werden konnten, liegt es nahe anzunehmen, dass der vor der Düngung schwache oder ausgebliebene Waldwuchs auf Hällmyrarna vor allem durch den Mangel an mineralischen Nährstoffen im Torfe (vgl. MALMSTRÖM 1935) bedingt war. Man braucht hierbei nicht allein an die Stoffe zu denken, die gewöhnlich am meisten beachtet werden. Es kann sich ebenso gut um den Mangel an einem oder einigen sog. Spurenelementen handeln, d. h. an solchen Stoffen, die für die Pflanzen in nur sehr kleinen Mengen notwendig

sind. Es kann z. B. Kupfer in Betracht kommen (s. besonders MULDER 1940 und dort zitierte Literatur). Der Mangel an Kupfer hat sich nämlich als Ursache von verschiedenen Krankheitssymptomen bei Kulturpflanzen auf urbargemachten Moorböden erwiesen.

Was die Mykorrhizabildung betrifft, so konnte nach der Aschendüngung auf der 1918 gedüngten Fläche auf Södra Hällmyren ebenfalls ein Erfolg erzielt werden, indem nämlich die Mykorrhiza eine im Vergleich mit den ungedüngten Partien gute Entwicklung aufwies. Innerhalb der 8 Jahre später und fast 4 mal so stark gedüngten Fläche auf Norra Hällmyren ist dagegen die Mykorrhizaentwicklung im wesentlichen ziemlich schwach (s. Tab. 2), und dies trotz der erfolgten starken Stimulation des Holzwuchses, wodurch die aschengedüngte Fläche in eine grüne Oase mitten in dem im übrigen baumlosen Moor verwandelt wurde (s. Fig. 2). Die Verhältnisse auf der aschengedüngten Fläche von Norra Hällmyren scheinen mithin die früher sowohl im Freien als bei Kulturversuchen (vgl. z. B. MITCHELL 1939, S. 128, und BJÖRKMAN 1940, S. 62) gemachte Beobachtung, dass Bäume unter gewissen Umständen auch ohne oder mit wenig Mykorrhiza sich günstig entwickeln können, zu bestätigen. Ob die Ursache dafür, dass die Mykorrhizaentwicklung auf der stark gedüngten Fläche von Norra Hällmyren nicht stärker angeregt wurde in allzu intensiver Zufuhr von gewissen Nährstoffen (vgl. HATCH 1937), in ungeeignetem Aziditätsgrad (P_H ; vgl. Tab. 1), in mullartigem Zustand des Torfes oder in einem sonstigen Umstand zu suchen ist, kann ohne eingehende Untersuchungen nicht entschieden werden.

In jedem Fall zeigen jedoch die Verhältnisse auf Södra Hällmyren, dass die Mykorrhizabildung von Holzasche in hohem Grade stimuliert werden kann.

Es lässt sich auch denken, dass die Wirkung der Asche indirekt war, z. B. durch Herbeiführung gewisser allgemeiner mikrobiologischer Veränderungen, wodurch die Stickstoffmobilisierung im Boden beeinflusst werden konnte. — Gestützt auf die nunmehr vorliegenden Erfahrungen über die grosse Bedeutung des Stickstoffs für die Wachstumsmöglichkeiten der Waldbäume (vgl. HESSELMAN 1926, 1927, 1937) und für die Entwicklung der Mykorrhiza (vgl. MELIN 1927) könnte man annehmen, dass der gute Baumwuchs und die relativ günstigen Mykorrhizaverhältnisse auf den aschengedüngten Flächen mit einem gesteigerten Stickstoffvorrat im Boden in Beziehung stehen. Dies kann umso wahrscheinlicher erscheinen, als *Chamaenerium* und andere salpeterindizierende Pflanzen sich unmittelbar nach der Düngung auf der aschengedüngten Fläche reichlich eingefunden haben. Aus den im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung ausgeführten Analysen von Torf, teils von gedüngten Flächen, teils von ungedüngten Vergleichspartien, geht indessen hervor, dass der Gehalt an Ammoniakstickstoff nunmehr auch in den ungedüngten Partien sehr gross sein kann, sowie dass die Salpeterbildung ebenso gut in sehr dürrtigen und baumlosen Gebieten vor sich gehen kann wie innerhalb der aschengedüngten und bewaldeten Teile. Aus diesen Befunden kann man allerdings nicht mit absoluter Sicherheit Schlüsse betreffs der Stickstoffmobilisierung im Boden ziehen. Die aktuellen Gehalte müssen durch die Konkurrenzverhältnisse, die auf dem schwach bewachsenen Moor und in den üppigen Jungbeständen ganz verschieden sind, stark beeinflusst sein. Auch die Lagerungsproben dürften im Prinzip keine zuverlässige Auskunft über die Verhältnisse in der unberührten Humusschicht geben können (ROMELL 1934, 1935). Wie dem auch sei, so scheint es, als ob der Mangel an für Waldbäume zu-

gänglichem Stickstoff auf Hällmyrarna kaum die Ursache des schwachen oder ausgebliebenen Waldwuchses oder der herabgesetzten Mykorrhizabildung sein kann. Dies stimmt auch mit den von MELIN bei Untersuchung von analogen Mooren erzielten Ergebnissen (MELIN 1917) sowie mit Resultaten der von mir ausgeführten, aber noch nicht abgeschlossenen experimentellen Untersuchungen gut überein.

Die in der Abhandlung von MALMSTRÖM mitgeteilten Analysen aus den Jahren 1933 und 1934 zeigen, dass zwischen aschengedüngten und ungedüngten Teilen von Norra Hällmyren zu jener Zeit bedeutende Unterschiede hinsichtlich des Gehalts an wichtigeren Mineralstoffen sowie an Phosphor- und Schwefelsäure bestanden haben. Auf Södra Hällmyren waren die Unterschiede bedeutend geringer. Die von mir im Sommer 1940 ausgeführten, der Anzahl nach allerdings recht bescheidenen Analysen von Torfproben von denselben Mooren, die die Ermittlung des Aschengehalts sowie des Gehalts an Kalk, Kali und Phosphorsäure bezweckten (s. Tab. 1), bestätigen diese Ergebnisse.

Dass die Unterschiede zwischen den aschengedüngten und ungedüngten Teilen von Södra Hällmyren hinsichtlich des Gehalts an den meisten bei den Analysen bestimmten Mineralstoffen nunmehr ziemlich unbedeutend sind, ist umso bemerkenswerter, als die Bäume auf der gedüngten Fläche dieses Moores immer noch — 22 Jahre nach der Düngung mit Holzasche — guten Wuchs zeigen. Ob die Mykorrhizabildung hieran beteiligt war, ist zur Zeit schwer mit Sicherheit zu entscheiden. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass durch die sehr bedeutende Vergrößerung der nahrungsaufnehmenden Oberfläche, die mit der Umwandlung der Kurzwurzeln in Mykorrhizen stattfindet (s. MELIN 1925, HATCH 1937), die Möglichkeit, den Nährstoffvorrat des Wuchsortes auszunutzen, grösser wird. Wenn also durch Düngung mit Holzasche eine gute Mykorrhizaentwicklung erzielt werden konnte, dürfte hierdurch der Nahrungsbedarf der Bäume — wenigstens eine Zeitlang — in befriedigender Weise gedeckt werden können, auch wenn der Nährstoffvorrat des Bodens abzunehmen begonnen hat.
